

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**У.А. Газиев, Д.Ш. Кадирова**

**ДОБАВКИ К РАСТВОРАМ И БЕТОНАМ**

**Ташкент - 2015**

Авторы: Газиев У.А., Кадырова Д.Ш.

Добавки к растворным и бетонным смесям. Учебное пособие. (Газиев У.А., Кадырова Д.Ш., ТАСИ, 2015).

Учебное пособие предназначено для подготовки магистров по строительным специальностям.

В учебном пособии рассматриваются вопросы современного значения для растворных и бетонных смесей различных добавок, дана классификация с учетом их использования в производстве различных видов и марок растворов и бетонов. Учебное пособие позволяет дополнить основное содержание учебной программы, способствует проведению практических и лабораторных занятий, написанию научных рефератов и статей, служит пособием при выполнении магистерских диссертаций и проведения научно-исследовательской работы магистров.

Рецензенты:

## **А Н Н О Т А Ц И Я**

В данном учебном пособии обобщены сведения о внедрении различных добавок в бетоны и растворы в мировой и отечественной практике строительства, технология их приготовления, влияния их на механизм гидратации.

### **And About**

In the given manual of the item of information on introduction of the various additives in concrete and solutions in world (global) and fatherland to practice of construction, technology of their preparation, influence them on the mechanism gidreis.

## **А Н Н О Т А Ц И Я**

Уш бу ўқув қўлланмада дунё ва амалиётида бетон ва қоришмаларда қўлланиладиган хар хил қўшимчаларни ишлатилиши келтирилган, хамда уларни тайёрлаш технологияси ва гидратланиш механизмига таъсири батафсил ёритилган.

## МУНДАРИЖА

<b>Сўз боши</b> .....	<b>13</b>
<b>Биринчи қисм. Умумий маълумотлар қоришиқ ва бетонлар</b>	
учун қўшимчалар таснифланиши .....	15
<b>I. Боб. Замонавий қўшимчаларни турлари ва функционал белгилари</b>	
бўйича таснифланиш .....	16
1.1. Қўшимчалар турлари.....	16
1.2. Минерал қўшимчалар. Табиий минерал қўшимчалар.....	17
1.3. Саноат чиқиндилар асосидаги қўшимчалар.....	19
1.4. Биологик қўшимчалар.....	22
1.5. Органик қўшимчалар.....	25
1.6. Комплекс қўшимчалар.....	27
1.7. Портландцемент гидратланиши механизмига қўшимчалар таъсири .....	28
1.8. Тутиб қолиш муддатларига ва сувга талабчанлигига таъсир этувчи қўшимчалар .....	32
<b>Иккинчи қисм. Махсус белгили қўшимчалар хоссалари ва ишлатиш соҳаси</b> .....	<b>35</b>
<b>II. Боб. Совуққа қарши қўшимчалар</b> .....	<b>35</b>
2.1. Совуққа қарши қўшимчалар тури ва уларни ишлатилиши.....	35
2.2. Совуққа қарши қўшимчаларни таъсир этиш механизми.....	48
2.3. Совуққа қарши қўшимчали бетонларни таркибини танлаш ва уларга қўйиладиган талаблар.....	52
2.4. Қўшимчани сувли эритмасини тайёрлаш.....	56
2.5. Совуққа қарши қўшимчали бетон қоришмасини тайёрлаш технологияси.....	57
2.6. Совуққа қарши қўшимчани ўлчаш. Бетон қоришмаларини сифатини назорат қилиш.....	59
<b>III. Боб. Гидрофоб – пластифицирловчи қўшимчаларни турлари ва характеристикаси</b> .....	<b>63</b>

3.1. Гидрофоб қўшимчалар.....	63
3.2. Қотиш ва тутиб қолиш жараёнларини тезлаштирувчи қўшимчалар.....	68
3.3. Қотиш ва тутиб қолиш жараёнларини секинлаштирувчи қўшимчалар.....	76
3.4. Пластифицировловчи қўшимчалар.....	81
3.5. Органик минерал қўшимчалар.....	90
3.6. Полимер қўшимчалар.....	94
3.7. Ғовак хосил қилувчи қўшимчалар.....	100
3.8. Хавони ютувчи қўшимчалар.....	101
3.9. Цемент ва унинг маҳсулотлари гидратланиш жараёнига ғовак хосил қилувчи қўшимчаларни таъсири.....	103
<b>3-қисм.</b> “Полипласт” компаниясини суперпластификаторларини классификацияси ва ишлатиш соҳаси.....	111
<b>IV-Боб.</b> Пластифицировловчи ва сув сақлаб турувчи қўшимчалар.....	111
4.1. “Полипласт СП-1” (полипласт СП-1 ВП) суперпластификатор..	111
4.2. Сув сақлаб турувчи эффектни суперпластификатор “Полипласт СП 2 ВУ”.....	114
4.3. Суперпластификатор “Полипласт СП-3”.....	117
<b>V-Боб.</b> Бетон қоришмасини ҳаракатланганлигини сақлашини бошқарувчи қўшимчалар.....	120
5.1. Бетон ва қоришмалар учун комплекс пластифицировловчи қўшимча "ЛИНАМИКС П-120".....	120
<b>VI -Боб.</b> Қаттиқ ва кам ҳаракатчан қоришмалар учун қўшимчалар....	124
6.1. Суперпластификатор “Полипласт Вибро”.....	124
<b>VII-Боб.</b> Кўп вазифали модификаторлар.....	126
7.1. Кўп вазифали бетон модификатори “ПФМ-НЛК”.....	126
7.2. Бетон ва қурилиш қоришмалар учун кўп вазифали модификатор “Полипласт Ретард”.....	129
<b>VIII-Боб.</b> Қотиш кинетикасини тартибга солувчи суперпластификаторлар.....	132

8.1. Қотишни тезлаштирувчи суперпластификатор “Реламикс Т-2” ...	132
8.2. Қотишни тезлаштирувчи суперпластификатор “Реламикс М” .....	132
<b>IX-Боб.</b> Мустахкамлигини оширувчи органоминарал асосидаги суперпластификаторлар.....	138
9.1. Комплекс оргономинарал қўшимча “Полипласт – 1 МБ” .....	138
<b>X-Боб.</b> Совуққа қарши қўшимчалар.....	141
10.1. Совуққа қарши эффе́ктни комплекс пластифицирловчи қўшимча “Криопласт СП 15-1” .....	141
10.2. Совуққа қарши эффе́ктни комплекс пластифицирловчи қўшимча “Криопласт СП 15-2” .....	146
10.3. Совуққа қарши эффе́ктни комплекс пластифицирловчи қўшимча “Криопласт СП 15-1” .....	150
10.4. Совуққа қарши эффе́ктни комплекс пластифицирловчи қўшимча “Криопласт П 25-1” тип 2.....	155
10.5. Совуққа қарши эффе́ктни комплекс пластифицирловчи қўшимча “Криопласт СП 25-1” .....	159
10.6. Бетон ва қурилиш қоришмалари учун совуққа қарши қўшимча "NORD" .....	163
<b>XI-Боб.</b> Қурилиш қоришмалари учун қўшимчалар.....	167
11.1. Суперпластификатор “Полипласт Р” .....	167
11.2. Суперпластификатор “Полипласт Р” тип 2.....	169
11.3. Совуққа қарши эффе́ктли комплекс пластифицирловчи қўшимча.....	171
<b>XII-Боб.</b> Сифатни назорат этиш ва технологик талаблар.....	175
12.1. Материалларга талаблар.....	175
12.2. Қўшимчани сувли эритмасини тайёрлаш.....	175
12.3. Қўшимчали бетонни таркибини танлаш ва лойихалаш.....	179
12.4. Суперпластификаторли бетондан тайёрланган қоришма ва буюмларни сифатини рўйхати.....	180
Адабиётлар рўйхати.....	184

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>13</b>
<b>Часть первая. Общие сведения</b> .....	<b>15</b>
Классификация добавок к растворам и бетонам.....	15
<b>Глава I. Классификация современных добавок по видам и функциональному назначению</b> .....	<b>16</b>
1.1. Разновидность добавок.....	16
1.2. Минеральные добавки. Природные минеральные добавки.....	17
1.3. Добавки на основе отходов промышленности .....	19
1.4. Биоцидные добавки.....	22
1.5. Органические добавки.....	25
1.6. Комплексные добавки.....	27
1.7. Влияние добавок на механизм гидратации портландцемента.....	28
1.8. Добавки влияющие на водопотребность и сроки схватывания..	32
<b>Часть вторая. Добавки специального назначения. Свойства и области применения</b> .....	<b>35</b>
<b>Глава II. Противоморозные добавки</b> .....	<b>35</b>
2.1. Виды противоморозных добавок и их назначение.....	35
2.2. Механизм действия противоморозных добавок.....	48
2.3. Требования к материалам и подбор состава бетона с противоморозными добавками.....	52
2.4. Приготовление водного раствора добавки.....	56
2.5. Технология приготовления бетонной смеси с противоморозными добавками.....	57
2.6. Дозирование противоморозной добавки. Контроль качества бетонных смесей.....	59
<b>Глава III. Виды и характеристики гидрофобное-пластифицирующих добавок</b> .....	<b>63</b>
3.1. Гидрофибизирующие добавки.....	63

3.2. Добавки ускорители схватывания и твердения.....	68
3.3. Добавки замедлители схватывания и твердения.....	76
3.4. Пластифицирующие добавки.....	81
3.5. Органоминеральные добавки.....	90
3.6. Полимерные добавки.....	94
3.7. Поризующие добавки.....	100
3.8. Воздухововлекающие добавки.....	101
3.9. Влияние поризующих добавок на процессы гидратации цемента и их продуктов.....	103
<b>Часть третья. Область применения и классификация суперпластификаторов компании «ПОЛИПЛАСТ».....</b>	<b>111</b>
<b>Глава IV. Пластифицирующие и водоредуцирующие добавки.....</b>	<b>111</b>
4.1. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТСП-1" ("ПОЛИПЛАСТ СП-1 ВП").....	111
4.2. Суперпластификатор с водоудерживающим эффектом "ПОЛИПЛАСТ СП-2 ВУ".....	114
4.3. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ СП-3".....	117
<b>Глава V. Добавки, регулирующие сохраняемость подвижности.....</b>	<b>120</b>
5.1. Комплексная пластифицирующая добавка для бетонных и растворных смесей повышенной сохраняемости "ЛИНАМИКС П-120".....	120
<b>Глава VI. Добавки для жестких и малоподвижных смесей.....</b>	<b>124</b>
6.1. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ ВИБРО".....	124
<b>Глава VII. Полифункциональные модификаторы.....</b>	<b>126</b>
7.1. Полифункциональный модификатор бетона "ПФМ-НЛК".....	126
7.2. Полифункциональный модификатор для бетонов и строительных растворов "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД".....	129
<b>Глава VIII. Суперпластификаторы, регулирующие кинетику твердения.....</b>	<b>132</b>
8.1. Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС Т-2".....	132
8.2. Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС М".....	134

<b>Глава IX. Суперпластификатор на органоминеральной основе, повышающий прочность.....</b>	<b>138</b>
9.1. Комплексная органоминеральная добавка "ПОЛИПЛАСТ-1МБ" ..	138
<b>Глава X. Противоморозные добавки.....</b>	<b>141</b>
10.1. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-1" .....	141
10.2. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-2" .....	146
10.3. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ П 25-1" .....	150
10.4. Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка "КРИОПЛАСТ П 25-1" тип 2.....	155
10.5. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП25-2" .....	159
10.6. Противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов "NORD" .....	163
<b>Глава XI. Добавки для строительных растворов.....</b>	<b>167</b>
11.1. Суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ Р» .....	167
11.2. Суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ Р» тип 2.....	169
11.3. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом.....	171
<b>Глава XII. Контроль качества и технологические требования.....</b>	<b>175</b>
12.1. Требования к материалам.....	175
12.2. Приготовление водного раствора добавки.....	175
12.3. Проектирование и подбор состава бетона с добавкой.....	179
12.4. Контроль качества бетонных смесей и изделий из бетона с суперпластификатором.....	180
Список литературы.....	184

## THE CONTENTS

<b>Introduction</b> .....	<b>13</b>
Part first. The general(common) items of information .....	15
Classification of the additives to solutions and concrete .....	15
<b>The chapter I.</b> Classification of the modern additives by kinds and to functional purpose(appointment).....	16
1.1. A version of the additives .....	16
1.2. The mineral additives. The natural mineral additives .....	17
1.3. The additives on a basis dust of an industry .....	19
1.4. Biosidos of the additive .....	22
1.5. The organic additives .....	25
1.6. The complex additives .....	27
1.7. Influence of the additives on the mechanism gidrateyshn cement.....	28
1.8. The additives I influence on quantity(amount) of water and terms .....	32
<b>Part second.</b> The additives of special purpose(appointment). Properties and Areas of application .....	35
<b>The chapter II.</b> Anti ice of the additive .....	35
2.1. Kinds anti ice of the additives and their purpose (appointment).....	35
2.2. Mechanism of action anti ice of the additives .....	48
2.3. Requirement to materials and selection of structure of concrete with anti ice by the additives .....	52
2.4. Preparation of a water solution of the additive .....	54
2.5. Technology of preparation of a concrete mix with anti ice by the additives.....	57
2.6. Weighing anti ice of the additive. Quality surveillance of concrete mixes.....	59
<b>The chapter III.</b> Kinds and characteristics gidrofob to grease the additives.	63
3.1. Gidrofob of the additive .....	63

3.2. Additive accelerators fight and of hardness .....	68
3.3. Additive slowly fight and of hardness .....	76
3.4. Grease of the additive .....	81
3.5. Alive mineral of the additive .....	90
3.6. Polymeric additives .....	94
3.7. Hole of the additive .....	100
3.8. Air of the additive.....	101
3.9. Influence hole of their additives on process interaction with water of cement and their products .....	103
<b>Part third.</b> Area of application and classification super plastifications of the company "POLYLAYER" .....	111
<b>The chapter IV.</b> Plastifications and water reducshen of the additive .....	111
4.1. Super plastifications "POLIPLAST SP-1" ("POLYLAYER SP-1 VP").....	111
4.2. Super plastifications with water to hold by effect "POLYLAYER SP-2 VU".....	114
4.3. Super plastifications "POLYLAYER SP-3" .....	117
<b>The chapter V.</b> The additives regulating to store(keep) mobility .....	120
5.1. Complex plastifications the additive for concrete and solutions of mixes raised(increased) to store(keep) "LINAMICS P-120 " .....	120
<b>The chapter VI.</b> The additives for rigid and inactive mixes .....	124
6.1. Super plastifications "POLYLAYER VIBRO".....	124
<b>The chapter VII.</b> Multifunctional modifiers .....	126
7.1. Multifunctional modifier of concrete "PFM-NLK" .....	126
7.2. Multifunctional modifier for concrete and building solutions "POLYLAYER RETARD" .....	129
<b>The chapter VIII.</b> Super plastifications, regulating the mechanism hardness.....	132
8.1. Super plastifications and accelerator hardness "RELAMIKS T-2 ".....	132
8.2. Super plastifications and accelerator hardness " RELAMIKS M" .....	134

<b>The chapter IX. Super plastifications on alive mineral to a basis, raising durability.....</b>	<b>138</b>
9.1. Complex alive mineral the additive "POLIPLAST-1MBБ" .....	138
<b>Chapter X. Anti ice of the additive.....</b>	<b>141</b>
10.1. Complex plastifications the additive with anti ice by effect "KRIOPLAST SP 15-1" .....	141
10.2. Complex plastifications the additive with anti ice by effect "KRIOPLAST SP 15-2" .....	146
10.3. Complex plastifications the additive with anti ice by effect "KRIOPLAST P 25-1" .....	150
10.4. Complex plastifications and anti ice the additive "KRIOPLAST P 25-1" a type 2 .....	155
10.5. Complex plastifications the additive with anti ice by effect "KRIOPLAST SP25-2" .....	159
10.6. Anti ice the additive for concrete and building solutions "NORD" ....	163
<b>The chapter XI. The additives for building solutions .....</b>	<b>167</b>
11.1. Super plastifications "POLYLAYER P" .....	167
11.2. Super plastifications "POLYLAYER P" tun 2 .....	169
11.3. Complex plastifications the additive with anti ice by effect .....	171
<b>The chapter XII. Quality surveillance and technological requirements.....</b>	<b>175</b>
12.1. Requirement to materials .....	175
12.2. Preparation of a water solution of the additive .....	175
12.3. Designing and selection of structure of concrete with the additive....	179
12.4. Quality surveillance of concrete mixes and products from concrete with super plastifications .....	180
The list of the literature .....	184

## ВВЕДЕНИЕ

Для современного строительства, где основным материалом являются бетон и железобетон, характерно сочетание высоких эксплуатационных свойств (прочность, деформативность, долговечность и др.) с высокой технологичностью, то есть повышенной подвижностью, обеспечивающей текучесть и удобоукладываемость бетонных смесей. Эта задача может быть решена только с применением современных эффективных добавок – суперпластификаторов.

Первые сведения о суперпластификаторах как высокоэффективных разжижителях бетонных и растворных смесей появились в начале тридцатых годов XX века, когда в 1935 году был получен первый патент. Вторая мировая война (1941-1945 годы) отодвинула широкое применение данного вида модифицирующих добавок на конец пятидесятих годов. Причем странами, в которых был впервые начат выпуск в промышленном масштабе суперпластификаторов как товарного продукта, являлись Германия и Япония. В странах СНГ широкое применение суперпластификаторов в технологии строительных растворов и бетонов было начато в семидесятых восьмидесятых годов XX века.

Большой вклад в решении проблем создания и применения различных видов добавок в бетонные и растворные и растворные смеси на территории СНГ внесли коллективы институтов, особенно НИИЖБ, ВНИИ железобетона, НИИ цемента и многих других под руководством и при непосредственном участии Л.А.Алимова, Н.В.Ахвердова, Ю.М.Баженова, В.А.Волженского, Г.И.Горчакова, Б.В.Гусева., Ф.М.Иванова., Л.А.Малининой., О.П.Мчедлова – Петросяна., В.Б.Ратинова., П.А.Ребиндера., Т.И.Розенберг., А.В.Саталкина., В.И.Саломатова., Б.Г.Скрамтаева., М.И.Хигеровича., С.В.Шестоперова и др. Значительные исследования проведены за рубежом (В.А.Адам., И.Боузель., С.Брунауэр.,

М.Венуа., Д.Конард., Г.Кюль, Ф.М.Ли, Т.Пауэрс., Б.Райхель.,  
В.Рамачандрант и др).

Проблеме разработки и внедрения различных, особенно химических, добавок в бетоны и растворы в мировой практике строительства, стало уделяться все большее внимание в связи с необходимостью улучшения их технологических и эксплуатационных свойств и для обеспечения реализации одного из самых универсальных, доступных и гибких способов управления технологическими параметрами и регулированием реологических и эксплуатационных свойств свежеприготовленных растворных и бетонных смесей. В связи с этим можно утверждать, что добавки в настоящее время должны стать неотъемленной частью растворов и бетонов, так как сегодня в мире примерно 85-90% этих материалов применяется с использованием различных химических и минеральных добавок.

## **Часть первая. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ ДОБАВОК К РАСТВОРАМ И БЕТОНАМ**

Добавки для раствора бетонов – это органические и неорганические вещества или их смеси (комплексы), за счет введения которых в состав растворных и бетонных смесей их свойства регулируются направленно и контролируемо. Применение добавок снижает затраты на строительство (в том числе экономия цемента), модифицирует качественные и функциональные характеристики бетонов, сохраняет его свойства при подготовке бетонной смеси: ее укладки, вибрировании и твердении.

Добавки (модификаторы химические, минеральные, искусственные и натуральные) вводят в исходный шлам при обжиге клинкера, добавляются при помоле обожженного клинкера, по назначению и величинам технологических эффектов. Снижение расхода цемента за счет применения добавок обуславливает снижение стоимости строительства. Повышение подвижности бетонных смесей, при сохранении водопотребности в производстве густоармированных конструкций и тонкостенных изделий, ведет к снижению трудоемкости формирования, к уменьшению продолжительности вибрационного уплотнения бетонной смеси и экономии электроэнергии. Снижение водопотребности высокоподвижных бетонных смесей при формировании объемных элементов экономит цемент на 8-12%, сокращает продолжительность тепловлажностной обработки и увеличивает пропускную способность формовочных установок. Понимание механизма действия добавок на бетонные, растворные смеси и свойства конечного продукта позволяет избежать ошибок и получения нежелательных эффектов.

# Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОБАВОК ПО ВИДАМ И ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

## 1.1. Разновидности добавок

Все добавки (природные или искусственные химические продукты) классифицируются по механизму их действия и разделяются на четыре класса: 1 -й - добавки, изменяющие растворимость минеральных вяжущих материалов и не вступающие с ними в химические реакции;

2-й - добавки, реагирующие с вяжущими с образованием труднорастворимых или малодиссоциированных комплексных соединений;

3-й - добавки — готовые центры кристаллизации («затравки»);

4-й - органические поверхностно-активные вещества (ПАВ), способные к адсорбции на поверхности твердой фазы.

В зависимости от назначения (основного эффекта действия) химические добавки для бетонов по ГОСТ 24211 подразделяются на следующие виды: 1. Регулирующие свойства бетонных смесей:

а) пластифицирующие:

I группы (суперпластификаторы);

II группы (сильнопластифицирующие);

III группы (среднепластифицирующие);

IV группы а) слабопластифицирующие;

б) стабилизирующие;

в) водоудерживающие;

г) улучшающие перекачиваемость;

д) регулирующие сохраняемость бетонных смесей: замедляющие схватывание, ускоряющие схватывание;

е) поризующие (для легких бетонов): воздухововлекающие, газообразующие.

2. Регулирующие твердение бетона:

а) замедляющие твердение;

б) ускоряющие твердение.

3. Повышающие прочность и (или) коррозионную стойкость, морозостойкость бетона и железобетона, снижающие проницаемость бетона:

а) водоредуцирующие I, II, III и IV групп;

б) кольматирующие;

в) воздухо вовлекающие;

г) газообразующие;

д) повышающие защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре (ингибиторы коррозии стали).

4. Придающие бетону специальные свойства:

а) гидрофобизирующие I, II и III групп;

б) противоморозные (обеспечивающие твердение при отрицательных температурах);

в) биоцидные;

г) полимерные.

5. Тонкодисперсные минеральные добавки:

а) неактивные;

б) активные;

в) минеральные пластифицирующие.

6. Комплексные добавки:

а) комплексные химические добавки;

б) органоминеральные добавки.

## **1.2. Минеральные добавки**

Минеральные добавки – это тонкоизмельченные материалы, которые вводятся в бетон или цемент количестве от 10 до 20% и более от массы вяжущего.

Источником минеральных добавок в настоящее время являются отходы промышленного производства, объем которых достигает миллионов тонн в год. К таким производствам относятся тепловые электростанции,

металлургические печи, выпускающие чугун, сталь, медь, свинец, ферросплавы, химическая, пищевая отрасль.

Как показывают многочисленные исследования, введение тонкомолотых малоактивных и даже инертных наполнителей до 10-25%, а иногда и больше, позволяет полнее использовать клинкерную часть цементов, увеличить плотность бетона, уменьшить его деформацию, усадку, набухаемость, увеличить стойкость против действия агрессивных вод, снизить их стоимость.

Даже при длительном твердении бетонов клинкерные частички цемента размером более 40-60 мкм обычно полностью не гидратируются и выполняют в цементе камне роль микронаполнителя. В связи с этим клинкерные частички такого размера без снижения прочностных характеристик могут быть замещены другими, в том числе инертными минеральными добавками.

Разбавление вяжущего добавками-наполнителями позволяет без перерасхода цемента получить бетоны различных марок низких марок, повысить их плотность. Все минеральные добавки делятся на природные и искусственные.

### **Природные минеральные добавки**

Природными считаются добавки, получаемые из пород осадочного и вулканического происхождения, относятся к кислым добавкам. Некоторые кислые кремнеземисто-глиноземистые активные добавки вулканического происхождения называли пуццоланами. В связи с тем, что пуццоланы и промышленные отходы повсеместно доступны и недорогостоящие, чем портландцемент, использование пуццолановых добавок или совместно с другими гидравлическими добавками может привести к получению значительного экономичного эффекта.

К природным минеральным добавкам относятся добавки осадочного происхождения – диатомиты, опоки, трепелы, глиежи.

Диатомиты и трепелы по внешнему виду мало различаются и представляют собой легкие пористые малопрочные породы светло или желтовато-серого цвета, а опоки более тяжелые и плотные породы. Все они близки по химическому составу и обычно содержат (%) –  $\text{SiO}_2$  – 70-90;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 3-10;  $\text{CaO}$  – 1-3 щелочей 1-3.

Глиежи представляют собой «горелые породы», образовавшиеся в результате обжига межугольных глин при самовозгорании угля под землей.

К природным минеральным добавкам вулканического происхождения относятся вулканические пеплы, туфы, пемзы, трасы. По химическому составу они состоят в основном из  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (70-90%),  $\text{CaO}+\text{MgO}$  (2-4%), щелочей – 3,8%.

### **1.3. Добавки на основе отходов промышленности**

К основным добавкам из промышленных отходов относятся: белая сажа, получаемая в результате ряда металлургических процессов, зола-унос, зола из рисовой шелухи, гранулированные шлаки с высокой активностью, летучая смола. Химический состав этих отходов по содержанию основных оксидов колеблется в широких пределах. Например, зола от сжигания рисовой шелухи содержит  $\text{SiO}_2$  – 48%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 28%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 9%;  $\text{CaO}$  – 4%;  $\text{MgO}$  – 2%.

Основным кристаллическим минералом в высококальциевой золе-унос является обычно  $\text{C}_3\text{A}$ , в шлаке мелит и окерманит  $\text{C}_2\text{MS}_2$ , гемнит  $\text{C}_3\text{AS}$  - они нереакционно способны в кристаллической форме, стекловидная фаза шлака является наиболее важным параметром при использовании его в цементе. Белая сажа и зола рисовой шелухи состоят в основном из минералов некристаллической формы. Они относятся к высшему классу пуццоланов, так как на них не влияют отклонения состава и разнородность минералогических характеристик.

Введение минеральных добавок оказывает благоприятное влияние на состав бетонной смеси, реологические свойства, степень гидратации портландцемента, прочность, проницаемость затвердевшего бетона, уменьшение воздействий агрессивных сред. Известно, что введение до 30% золы-уноса в цемент снижает водопотребность примерно до 7% при постоянной осадке конуса. Однако не все минеральные добавки снижают водопотребность и это происходит в том случае, когда в золе-уносе присутствует большое количество частиц размером 100 мкм, и тогда количество воды, требуемой для нормальной консистенции, увеличивается прямо пропорционально содержанию в массе цемента.

На прочность и плотность бетона отрицательное влияние оказывает наличие больших пор в гидротированном цементе и микротрещины в зоне контакта цементного теста и заполнителя. Вероятно, что минеральные добавки превращают большие поры в мелкие и уменьшают в зоне контакта микротрещины. Однако, точный механизм этого явления полностью не раскрыт, но известно, что минеральные добавки способны изменять водопотребность, консистенцию, водоотделение, сроки схватывания, оказывать положительное влияние на структуру и механическую прочность контактной зоны, обладают способностью уменьшать размеры пор в гидротированном портландцементном тесте. Следовательно, бетоны содержащие минеральные добавки более прочные и долговечные, чем бетоны без добавок.

Минеральные добавки влияют на прочность бетона в зависимости от их минералогического состава, характеристик частиц, температуры и влажности выдерживания и состава бетонной смеси.

В качестве добавок-модификаторов широкое применение на местах находят различные отходы промышленности и ее побочные продукты.

Целлюлозно-бумажная промышленность: отходом этой промышленности является сульфидно-дрожжевая бражка (СДБ), которая широко применяется в качестве пластификатора в натуральном виде и после

модифицирования. Таловое масло, таловый пек – омыленный таловый пек (ОТП) применяют в качестве воздухововлекающей добавки.

Нефтехимическая промышленность. Отходы пиролиза нефти (атактический полипропилен, низкотемпературный полипропилен, окисленный парафиновый дистиллят, тяжелое жидкое топливо) применяются как слабые пластификаторы, оказывающие на бетон воздухововлекающие и уплотняющие действия.

Нейтрализованный черный контакт (НЧК) – пластификатор и воздухововлекающая добавка – применяется для повышения морозостойкости.

Скрубберная паста применяется как воздухововлекающая добавка и слабый пластификатор.

Отходы пищевой (в т.ч. спиртовая и сахарная) промышленности: Гидролизная кровь (ГК), молочная сыворотка, упаренная последрожжевая барда (УПБ) – пластификаторы. Сахарная патока (меласса) – замедлитель схватывания – применяется в жарком климате и при транспортировке бетонных смесей на большие расстояния.

Микробиологическая промышленность: Бросовые воды тетрациклина (БВТ), мицелярная белковая масса (МБС), отработанный раствор олеандомицина (ОНТО), последрожжевые остатки (ПДО) – применяют как пластификаторы различной степени эффективности, в основном для экономии цемента.

Химическая промышленность. Кубовые остатки разных производств – применяются в качестве пластификаторов и гидрофобизаторов самостоятельно (ПАЩ-1) или в качестве комплексных добавок Э (КОД). Нейтрализованные акрилатные отходы (20-03) применяются в качестве пластификатора. Отходы хлорвинилового производства, солевые отходы производства дифениламина, сульфатные стоки различных производств, фтористый ангидрид (отход производства плавиковой кислоты) применяются

в местных условиях в качестве пластификаторов или ускорителей твердения невысокой эффективности.

Легкая промышленность. Гидролизат кожевенного производства – применяется в качестве пластификатора. Отходы мыловаренного производства – гидрофобизатор и пластификатор – применяются вместе с СДБ в добавках КОД.

Эффективность подобных веществ ниже, чем специальных добавок, что компенсируется их увеличенными дозировками. Увеличение дозировки в первую очередь повышает вероятность всевозможных отрицательных проявлений, начиная от «сопутствующих эффектов» и заканчивая «отравлением» вяжущего или увеличением содержания в бетоне органической фазы, то есть возрастания склонности к биологической коррозии.

#### **1.4. Биоцидные добавки в бетон**

Для предотвращения появления и развития бактерий, различных форм грибов и микроорганизмов в зданиях медицинских учреждений и пищевых комбинатов, животноводческих комплексов бетонные и железобетонные конструкции должны обладать биоцидными свойствами.

Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности выделяют органические кислоты, которые образуют с компонентами силикатов и алюмосиликатов комплексные соединения и легкорастворимые кальциевые соли. Плесневые грибы, накапливаясь на загрязненных поверхностях строительных конструкций, также выделяют органические кислоты (лимонную, щавелевую), которые являются сильными катион комплексующими агентами и могут образовывать с минералами легкорастворимые комплексные соединения. В строительных конструкциях повышенной пористости и гидрофильности поселяются бактерии, способствующие выщелачиванию из цементного камня ионов кальция. При

этом снижается величина рН, что приводит к повышению степени карбонизации бетона и его разрушению. Бактерии могут активно разрушать не только бетон, но и стальную арматуру, либо непосредственно влияя на сталь, либо образуя в аэробных условиях сначала азотистую, а затем — азотную кислоту.

Биоциды – это модификаторы, применяемые для защиты бетона и других строительных материалов от биологической агрессии. Они должны обладать соответствующей высокой активностью, должны быть безопасными при обращении с ними, не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду, не ухудшать эксплуатационных свойств материалов и сохранять биоцидные свойства в течение длительного времени. Положительные результаты получены при применении в штукатурных составах пентахлорофенолята натрия, центазола, трилана. Для защиты цементных полов используется медный порошок и оксихлорид магния.

Для повышения стойкости против биохимической коррозии в состав бетона или раствора на стадии их приготовления вводят специальные добавки: бактерицидные – от бактерий, фунгицидные - от грибов, альгицидные - от водорослей.

В качестве химических средств защиты бетона могут применяться: неорганические соединения — окислы и соли бора, меди, хрома, цинка, мышьяка и другие;

- органические соединения — фенолы и хлорфенолы, производные карбоновых, оксикарбоновых, карбаминовых и тиокарбаминовых кислот и другие;

- элементоорганические и комплексные соединения олова, меди, свинца, мышьяка, кремния, ртути и другие.

По агрегатному состоянию биоциды бывают твердыми (порошки), жидкими и газообразными (фумиганты, летучие фунгициды и другие); по признакам растворимости - водорастворимыми, малорастворимыми и растворимыми в органических растворителях.

Ниже перечислены наиболее распространенные биоцидные добавки.

Катапин-бактерицид. Продукт конденсации хлорметильных производных ароматических углеродов с пиридином. Дозировка в зависимости от санитарно-гигиенических требований и условий эксплуатации бетона составляет 0,5...2 % массы цемента.

Оловоорганический биоцид — ластонокс. Рекомендуемая дозировка 0,1...0,3 % массы цемента.

Латексный биоцид АБП-40. Продукт эмульсионной сополимеризации трибутилового метакрилата с бутилакрилатом, метилметакрилатом и акриловой кислотой. Добавка обладает широким биоцидным спектром действия.

Биоцидные добавки выбираются в зависимости от вида бетона или строительного раствора, видов микроорганизмов патогенного действия, которые могут поселиться внутри или на поверхности железобетонных конструкций. Биоциды должны обладать высокой активностью, не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду и не ухудшать технологические и физико-механические свойства бетонов.

Для защиты бетона от бактериального воздействия применяется формалин. Соли высших жирных аминов (средство «Дон-5»), хлогидраты аминокпарафинов (средство АНП-2), алкитриметилламоний-хлорид (средства «Ниртан», «Роккал») сочетают биоцидные свойства со свойствами ингибиторов коррозии. Из неорганических биоцидов применяются соли фтористой и кремнефтористой кислот, бура, борная кислота, нитрит натрия. Биоцидное действие некоторых модификаторов (типа «бура + борная» или на основе неорганических солей) может утрачиваться в процессе тепловлажностной обработки. Высокая водная растворимость медных солей уксусно-мышьяковистой и мышьяковистой кислот обуславливает их быстрое выщелачивание из бетона и действие подобных биоцидов носит временный характер. К числу высокоэффективных препаратов, обладающих широким биоцидным спектром действия относятся оловоорганические соединения (латекс АБП-40, до 0,5% массы цемента), которые не изменяют свойств в

процессе тепловлажностной обработки. В условиях воздействия бытовых и производственных сточных вод хорошо зарекомендовали себя бактерициды на основе катионных поверхностно-активных веществ: катамин – для всех значений водоцементного отношения и катапин – только для плотных бетонов. Бетоны и строительные растворы модифицированных катапин-бактерицидном применяют при строительстве животноводческих помещений, предприятий хлебопекарной, пивоваренной, мясоперерабатывающей промышленности и медицинский учреждений.

### **1.5. Органические добавки**

Введение этих веществ тормозит очень раннюю стадию гидратации цемента и вместе с тем увеличивает степень гидратации цемента в более поздние сроки. Замедляющую способность органических водопонизителей определяет содержание алюмината и сульфата в цементе.

Органические вещества удлиняют сроки схватывания низкощелочных низкоалюминатных цементов сильнее, чем цементов с более высоким содержанием  $C_3A$ . К органическим веществам-добавкам относятся: глицерин, спирт, алюмометилсиликонат натрия, сульфониловая кислота, бораты, фосфаты, но эти добавки обладают повышенной токсичностью. Типичная дозировка этих добавок – 200-400 мл на 100 г цемента.

Углеводы – это природные вещества, такие как глюкоза, сахароза или гидроксилированные полимеры, получаемые путем частичного гидролиза полисахаридов, содержащихся в кукурузном крахмале, тоже относятся к органическим веществам.

Химические органические добавки являются продуктами органического синтеза целлюлозных соединений или переработки отходов лесохимии, целлюлозно-бумажной, химической и нефтехимической промышленности, агрохимии и др. Наиболее распространенный представитель органических химических добавок (модификаторов) это поверхностно-активные вещества

(ПАВ), на их основе могут быть получены практически любые функциональные типы добавок. ПАВ по разному проявляют активность и направленность действия. Вид и положение функциональных групп в молекуле обуславливает взаимодействие ПАВ с гидроксидом кальция на поверхности твердой фазы. Природа радикала и его строение, конформное состояние макромолекулы цепи, характеризуют однородность пленки продуктов взаимодействия в поверхностном слое гидратирующего цемента.

Большая часть исследований содержит данные о влиянии лигносульфонатов на процессы гидратации  $C_3A$  и  $C_3S$ . Введение лигносульфонатов замедляет гидратацию  $C_3A$  и превращает гексагональный гидросиликат в кубический гексагидрат, причем с ростом содержания лигносульфонатов усиливается их тормозящее процесс действие. Введение добавок лигносульфонатов в качестве водопонизителей не эффективно при использовании высокоалюминатных цементов и цементов с повышенным содержанием щелочей, так как ухудшаются их пластифицирующие способности. Одним из самых распространенных представителей лигносульфонатов является ССБ – сульфит-спиртовая барда и СДБ – сульфит-дрожжевая барда. Они являются регуляторами реологических свойств растворных и бетонных смесей, пластификаторами, а в разных дозах являются замедлителями схватывания и твердения вяжущего. Рекомендуемая доза добавки 0,3-1% от массы вяжущего замедляет индукционный процесс гидратации силикатных минералов на неопределенный срок. На основании вышесказанного можно сделать выводы:

- в зависимости от состава цемента и добавки они не на много удлиняет или сокращают сроки до начала схватывания;
- в ранние сроки они замедляют продолжительность периода до конца схватывания цемента и нарастания их прочности;
- в более поздние сроки твердения они несколько повышают прочность растворов и бетонов.

## 1.6. Комплексные добавки

Большинство добавок, улучшая одни характеристики бетонной смеси или бетона, иногда не изменяют, другие характеристики. Медик бы назвал это «побочным эффектом» применения. Для преодоления побочных эффектов используют комплексные добавки, состоящие из нескольких самостоятельных компонентов (например, суперпластификатор с микрокремнеземом). Комплексные добавки многофункциональны и способны влиять сразу на несколько свойств, характерных для бетонной смеси и бетона. Состав комплексных добавок можно «проектировать» таким образом, чтобы их компоненты усиливали эффекты, обеспечиваемые каждым из них в отдельности. Применение комплексных добавок позволяет добиваться универсальности их действия в бетонных смесях и бетонах разного состава, приготовленных на различных цементах. Условно все комплексные добавки можно разделить на три группы: смеси электролитов; смеси поверхностно-активных веществ; смеси электролитов и поверхностно-активных веществ. При выборе комплексной добавки и определении дозировки необходимо четко представлять роль каждого компонента в полифункциональном модификаторе. Основное назначение добавок первой группы – устранение коррозионного воздействия отдельных компонентов на арматуру и бетон; регулирование сроков схватывания и твердения в широких интервалах, изменение вещественного и минерального состава цемента и свойств бетонных смесей и бетонов. В подавляющих случаях добавки второй группы применяют для повышения морозостойкости бетона, приготовленного из пластичных и высокоподвижных бетонных смесей; удлинения срока схватывания бетонных смесей, особенно при транспортировании их на большие расстояния и при бетонировании в условиях сухого и жаркого климата. Наиболее эффективными модификаторами являются комплексные добавки третьей группы. При введении электролитов улучшаются структурно-механические

характеристики бетонов и регулируется темп их твердения. Поверхностно-активные вещества позволяют регулировать подвижность бетонных смесей, их воздухосодержание, придают бетонам бактерицидность, гидрофобность и другие свойства. Действие отдельных компонентов добавки в большинстве случаев самостоятелно, однако в некоторых случаях электролиты изменяют физико-химические свойства поверхностно-активных веществ, изменяя эффективность их действия. Периодически, при использовании комплексных добавок, возникает проблема совместимости их компонентов. В этом случае отдельные компоненты вводят отдельно с перемешиванием бетонной смеси в несколько стадий. Создание комплексных добавок в виде готового товарного продукта, не изменяющего своих свойств при транспортировании и хранении, позволяет разрешить эту проблему. Выбор добавок должен производиться в зависимости от технологии приготовления бетонной смеси и изготовления конструкций и изделий с учетом влияния добавок на свойства бетонной смеси и бетона. При выборе добавок для бетонов, к ним предъявляются специальные требования по долговечности (морозостойкости, коррозионной стойкости, водонепроницаемости и другие). Выбор добавок следует производить по ведущему агрессивному воздействию.

### **1.7. Влияние добавок на механизм гидратации портландцемента**

Механизм гидратации главных составляющих минералов цемента и самого цемента является предметом серьезных дискуссий и разногласий. В связи с этим целесообразно в начале рассмотреть реакции отдельных клинкерных компонентов с водой, а затем комплекс процессов, связанных с образованием новых соединений в смеси цемента с водой.

$C_3S$  – алит – главная фаза цемента, присутствует в клинкере в виде твердого раствора с небольшим количеством  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $LiO_2$  и др.

При взаимодействии с водой они дают гидросиликаты кальция разного состава в зависимости от температуры среды и концентрации гидрата окиси кальция в жидкой фазе.

Можно отметить пять стадий процесса гидратации. В начальной стадии образуется первичный гидросиликат  $C_3SH_4$ , который подвергается быстрому гидролизу с образованием вторичных и третичных гидросиликатов с меньшим соотношением C/S. Наблюдается сначала скачок скорости тепловыделения, а затем ее падение в течение 15-20 мин – прединдукционный период. На второй стадии образуются гидросиликаты кальция попеременного состава, скорость реакции очень низка – индукционный период. Он может длиться в течение нескольких часов. Предполагают, что в первые две стадии, на которые удается воздействовать с помощью добавок, оказывают влияние на последующую гидратацию  $C_3S$ . На третьей стадии реакция протекает активно, достигая максимальной скорости к концу этой стадии. На четвертой стадии скорость тепловыделения  $C_3S$  постепенно уменьшается, а гидратация продолжается. На пятой стадии образуется лишь небольшое количество продуктов гидратации  $C_3S$ . Эта стадия концентрируется процессом диффузии.

$\beta C_2S$  – белит второй по значимости силикат, минерал портландцемента его гидратация протекает таким же путем, что и  $C_3S$ , но значительно медленнее.

Количество тепла, выделяемое  $C_2S$  намного меньше, чем алита. Добавки ускорители повышают скорость реакции  $C_2S - H_2O$ .

Алюминатная фаза представлена -  $C_3A$ ,  $C_4AF$ . При гидратации в условиях обычных температур вначале дает метастабильное пластичное соединение  $C_3AH$ ,  $C_4AFH$ . Замедление гидратации этой фазы в присутствии гипса объясняется образованием тонких кристаллов этtringита на его поверхности. Эта плотная пленка в индукционном периоде разрушается и вновь формируется в течение этого периода. Когда весь сульфат связывается, этtringит реагирует на  $C_3A$ , образуя моносulfатную форму

гидросульфоалюмината. Это превращение происходит при гидратации цемента между 12-36 час. Некоторые добавки могут ускорить или замедлить это превращение.

Одна из первых добавок – это известный хлорид кальция – документально подтверждены данные о ее использовании – 1873 г., а первый патент на него как добавку в бетон зарегистрирован в 1885 г. При пониженных температурах интенсификации процессов твердения цемента способствует введение с водой затворения  $\text{CaCl}_2$  в количестве 1 – 1,5% от его массы, как ускорителя твердения, а при отрицательной температуре целесообразно затворять их водным раствором смеси  $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ . Например, незамерзающий раствор состоящий из 3% -  $\text{CaCl}_2$ , 7% -  $\text{NaCl}$  для температуры среды - 10 °С. В данном случае  $\text{NaCl}$  предотвращает его замерзание, а  $\text{CaCl}_2$  – ускоряет твердение. Так же используются растворы нитрита натрия  $\text{NaNO}_2$  (до -18 °С) и поташа  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (от -20 °С до -25 °С). Концентрация солей в растворах должна строго соответствовать температуре, при которой будет твердеть цемент, в противном случае возможно нарушение его структуры и ухудшение качества. Поташ и нитрит натрия не вызывают коррозии стали. Ускоряющее действие хлорида кальция на цемент объясняют в основном его влиянием на  $\text{C}_3\text{S}$ . Хлорид кальция не только изменяет степень гидратации  $\text{C}_3\text{S}$ , но и способен взаимодействовать с ним и с его гидратными новообразованиями, а также влиять на такие свойства этих последних, как прочность, химический состав, удельная поверхность, морфология, поровая структура. Введение  $\text{CaCl}_2$  заключается в том, что он способствует образованию первичных нестабильных гидросиликатов кальция, сокращающих время формирования зародышей новой фазы и приводящих к образованию более пористых структур, так как добавление  $\text{CaCl}_2$  к  $\text{C}_3\text{S}$  на стадии предгидратации не ускоряет его последующую гидратацию.

Введение  $\text{CaCl}_2$  снижает щелочность жидкой фазы гидратирующегося  $\text{C}_3\text{S}$ . При одинаковой степени гидратации  $\text{C}_3\text{S}$  введение 1%  $\text{CaCl}_2$  снижает пористость цементного камня. В первые дни твердения (1 – 3 сут)  $\text{CaCl}_2$

позволяет 1,5-2 раза повысить прочность твердеющих растворов за счет большей степени гидратации  $C_3S$  в присутствии  $CaCl_2$ . Вместе с тем следует отметить, что введение  $CaCl_2$  сверх 2% вызывает коррозию стали в железобетоне.

В присутствии хлорида кальция усадка  $C_3S$  возрастает. Реакция образования этtringита ускоряется при введении 1-9%  $CaCl_2$ , на полноту реакции между ферритной фазой и сульфат-ионами в присутствии хлоридов влияет состав ферритных фаз. Для получения равноподвижной смеси  $CaCl_2$  несколько повышает удобоукладываемость и уменьшает водопотребность.

Хлорид кальция существенно сокращает время от начала и конца схватывания, причем его можно сочетать с другими добавками, например с лигносульфонатами. Вследствие увеличения плотности и вязкости жидкой фазы хлорид кальция уменьшает водоотделения смеси. При введении 3,5%  $CaCl_2$  пористость уменьшается, соответственно увеличивается степень гидратации цемента, поскольку плотность гидратных фаз ниже, чем у безводных. После 28 суточного твердения пористость цементного камня уменьшилась на 50%. Хлорид кальция вносит изменения в структуру цементного камня, в нем исчезают волокнистые новообразования, она уплотняется и состоит из более тонких частиц. Повышение прочности бетона с добавкой 3%  $CaCl_2$  в 28 суточном возрасте наблюдается и при его пропаривании при 70 °С в течение 20 часов. По разному влияет введение  $CaCl_2$  на различные виды портландцемента. Например, он ускоряет гидратацию пуццоланового цемента, в шлакопортландцементе возможна коррозия арматуры, в быстротвердеющем цементе хлорид кальция тормозит сроки его схватывания. Можно применять другие добавки не содержащие хлоридов, такие как карбонаты щелочных металлов, нитрат, нитрит, тиосульфат кальция.

## 1.8. Добавки, влияющие на водопотребность и сроки схватывания

Добавки уменьшающие водопотребность, улучшают свойства твердеющего бетона, повышают его физико-механические, технические свойства. Обычно снижение количества воды затворения должно быть не менее 5%, а с добавкой, водопотребность, расход цемента можно снизить на 10-15%. Свойства затвердевшего бетона и особенно его прочность и долговечность улучшаются с уменьшением водоцементного отношения и с ростом степени гидратации цемента. Если добавки повышают гидротацию цемента в раннем возрасте, то их называют ускорителями, если понижают, то замедлителями.

Сроки схватывания цемента зависят от типа добавок. Многие замедлители одновременно снижают и В/Ц, а многие удлиняют сроки схватывания цемента. Обычно в качестве важнейших компонентов в них служат водорастворимые органические вещества.

В 30-х гг. XX века использовали полимеры из числа продуктов конденсации нафталинсульфокислот вводимых в дозах 0,1% от массы цемента, а затем их заново «открыли» в 70-х гг. прошлого столетия. Их можно разделить на 4 группы:

- кальциевые, натриевые или аммониевые соли лигносульфонатных кислот;
- соли гидрооксикарбонатных кислот;
- углеводы;
- водные растворы разных солей.

Лигносульфонаты – наиболее широко используемые добавки – водопонизители, известные еще с 30-х годов. Их получали при гидролизе древесины на целлюлозно-бумажных комбинатах, которые состоят из сульфолигнина, продуктов разложения целлюлозы и лигнина, различных углеводов до 30%, и свободной серной кислоты и сульфатов. Добавка на

основе лигносульфонатов обладает определенным воздухововлекающим действием.

В 50-х гг. соли гидроокисаугобоновых кислот стали применять в качестве водоунизителей и замедлителей схватывания. Наиболее широко используют глюконоую, лимонную, винную, салициловую, сахарную, дубильную кислоты. В основном эти соединения используют в виде 30%-ного водного раствора натриевых солей. При необходимости обеспечить нормальные сроки схватывания цемента или ускорить процессы его схватывания и твердения добавки нужно использовать в смеси с ускорителями.

Высокощелочные приводят к снижению концентрации  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в жидкой фазе и высокоалюминатные к уменьшению концентрации добавки вследствие ее большой адсорбции на продуктах гидратации алюминатов.

Неорганические вещества – к ним относятся соли свинца, олова, меди, железа, алюминия, цинка. Их можно использовать в качестве замедлителей сроков схватывания и гидратации цемента, но их высокая стоимость, низкая растворимость в воде, токсичность не позволяет часто их использовать.

Добавки-унизители существенно влияют на реологические свойства бетонной смеси: удобоукладываемость, прокачиваемость, время твердения. Это вызвано в основном физико-химическим воздействием молекул органических добавок на поверхность гидратирующего цемента. В зависимости от таких факторов как вид, дозировка, количество добавки, технологии ее введения, вид и качество цемента, шлаковых зол, объема воздушной фазы можно снизить количество воды затворения на 5-15%. Существенное влияние на водоунижающую способность добавок оказывает различие в форме и природе заполнителей. Добавки разных типов не могут быть одинаково эффективными водоунизителями. Например, добавки с воздухововлекающим действием более существенно снижают водоунижаемость в тощих «бетонных смесях, чем, в жирных».

Водопонизители способны уменьшить водопотребность в бетонных смесях с микронаполнителями, вводимых в качестве добавки к вяжущему и заменяющему часть цемента. Добавки могут влиять на степень и объем водоотделения и расслоение бетонной смеси за счет действия сил тяжести. Например, глюконат натрия увеличивает водоотделение, а лигносульфонат не изменяет его.

Рассматривая влияние добавок на физические свойства твердеющего бетона, такие как плотность, пористость, проницаемость, можно сказать, что плотность при постоянной прочности растет, пористость бетона тем ниже, чем меньше В/Ц проницаемость бетона при постоянном расходе цемента снижается как в ранние, так и в более поздние сроки.

Некоторое повышение усадочных деформаций в присутствии добавок можно объяснить тем, что добавки увеличивают содержание более крупных пор, а также удельную поверхность цементного камня из-за возрастания его объема в результате полной гидратации цемента в раннем возрасте. Бетоны с добавками отличаются высокой прочностью при сжатии из-за большей степени гидратации цемента в поздние сроки.

Помимо основного эффекта воздействия (по которому добавку относят к той или иной группе) для большинства групп добавок вообще и конкретных типов добавок, в частности, характерны побочные эффекты. Они могут быть не менее сильны и не менее значимы, чем основной эффект, могут быть как положительными, так и отрицательными. При расходах добавки в рамках установленных интервалов побочные эффекты не приносят, как правило, резко выраженных отрицательных свойств. При передозировке – возможны любые, неожиданности.

## **Часть вторая. ДОБАВКИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

### **Глава II. Противоморозные добавки**

#### **2.1. Виды противоморозных добавок и их назначения**

Твердение бетонов и растворов при пониженной температуре происходит медленно, так как замедляется процесс гидратации цемента. Уже при температуре - 3...- 6 °С вода в бетоне замерзает, и процессы гидратации вяжущего и твердения бетона практически прекращаются. При оттаивании, при условии сохранения жидкой фазы, эти процессы возобновляются и бетон продолжает увеличивать свою прочность. Однако для бетона, замороженного в раннем возрасте, после оттаивания и последующей выдержки характерны рыхлая структура, низкая прочность и морозостойкость. Это объясняется тем, что свежееуложенный бетон содержит много воды, которая при замерзании расширяется, разрыхляет цементный камень и нарушает сцепление заполнителя с цементной матрицей.

Поэтому для обеспечения требуемого набора прочности бетона в зимнее время необходимо создавать такие условия, при которых будут активно протекать процессы твердения вяжущего, то есть необходимо обеспечивать наличие жидкой фазы. Методы выдерживания бетона на морозе подразделяются на три основные группы: беспрогревные методы (термосное выдерживание и использование противоморозных добавок), прогревающие методы (использование либо топлива, либо электрической энергии) и комбинированные методы. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, которые определяют область его применения как с экономической, так и с технической точек зрения. Прогревающие методы выдерживания бетона могут применяться практически при возведении любых конструкций и при любых температурах среды, но предполагают значительные затраты энергоресурсов и являются технически более сложными. Наиболее экономичным считается метод «термоса», но он

обеспечивает поддержание в бетоне тепла и его твердение только в массивных конструкциях.

В тех случаях, когда на строительной площадке по техническим или организационным причинам такие способы не могут быть реализованы, целесообразно в бетон вводить противоморозные добавки — вещества, понижающие температуру замерзания воды и способствующие твердению бетона при отрицательных температурах. Этот способ в 1,2-1,4 раза экономичнее, чем способ парогрева и бетонирования, в 1,3-1,5 раза экономичнее электропрогрева и электрообогрева. Применение бетонов с противоморозными добавками осуществляется при возведении монолитных бетонных и железобетонных сооружений, монолитных частей сборно-монолитных конструкций, замоноличивании стыков сборных конструкций, при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций в условиях полигона при установившейся среднесуточной температуре наружного воздуха и грунта не ниже 5 °С и минимальной суточной температуре ниже 0 °С.

Основными (и традиционными) соединениями, применяемыми в качестве противоморозных добавок в строительстве, являются: NaCl, CaCl<sub>2</sub>, NaNO<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Органические антифризы по разным причинам практически не применяются, однако разработанные на их основе добавки, включающие в себя также неорганические соли и пластификаторы, по существу являются вторым поколением противоморозных добавок, в которых недостатки одних компонентов компенсируются свойствами других. Эффективность противоморозной добавки во многом зависит от величины снижения температуры замерзания жидкой фазы бетона. Однако наличие жидкой фазы при отрицательных температурах обеспечивает крайне медленное твердение. Очевидно, что противоморозная добавка должна работать как ускоритель твердения до технологически оправданных временных интервалов. Применение бетонов с противоморозными добавками

ограничивается. Во-первых, потому, что твердение бетона при этом происходит медленнее (вследствие чего проектная прочность достигается через 2-3 месяца). Во-вторых, в связи с опасностью появления высолов и негативного влияния на структуру, свойства бетона и сохранность арматуры при введении добавки в больших количествах, превышающих 10% по массе цемента.

С учетом областей применения противоморозных добавок их можно разделить на две группы:

1. Добавки, понижающие температуру замерзания жидкой фазы бетона и принадлежащие к числу либо слабых ускорителей, либо замедлителей схватывания и твердения цемента. К ним относятся нитрит натрия, хлорид натрия, слабые электролиты, вещества органического происхождения.

2. Добавки, совмещающие в себе способность к сильному ускорению процессов схватывания и твердения цементов. К ним относятся смеси хлорида кальция с хлоридом натрия, нитрилом натрия, кальция, мочевины. В районах со сравнительно мягким климатом, где температура бетона не бывает ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можно применять карбамид. Эта противоморозная добавка одновременно пластифицирует бетонную смесь и обеспечивает спокойный невысокий темп твердения бетона. Рекомендуемое количество противоморозных добавок с учетом влажности заполнителя не должна превышать 30% для поташа, 25% для НКМ, ННХК и 20% для НН и ННК. Для ускорения растворения противоморозных добавок можно пользоваться водой подогретой до  $40-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а карбамида только до  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , причем растворы добавок применяются только после полного их растворения в воде. В присутствии большого количества противоморозных добавок появляются затруднения, связанные с очень короткими сроками схватывания. Это привело к тому, что дозировка добавок снижается в 1,5-2 раза по сравнению с традиционно используемыми дозами.

Например, добавки НКМ вводят в тех же дозах, что и ННКХМ, но минимальная температура воздуха, при которой возможно ее использование

ограничена – 30 °С. Не рекомендуется применение этих добавок в предварительно напряженных, с цинковым покрытием по стали конструкциях.

Силикатные фазы цемента – химически индифферентны к сильным электролитам, составляющих противоморозные добавки. Влияние их на силикатные фазы заключается в изменении ими ионной силы раствора, а гидролизующих солей – еще и к изменению рН среды. В результате если добавка не содержит одноименных с вяжущими ионов (например,  $\text{FeCl}_3$ ), то они ускоряют процессы гидратации за счет повышения растворимости алита и белита. Если же добавки (нитрат кальция) содержат одноименные с силикатной фазой кальция ионы, то ионы «высоливаются», что приводит к интенсификации процессов кристаллизации гидратных новообразований. При гидратации алита выделяется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , способный вступать в химическую реакцию со многими противоморозными добавками с образованием гидрокси солей, фазовый состав которых отличается от состава подобных добавок в малых дозах. Это в свою очередь приводит к уплотнению цементного камня, изменению его микроструктуры и физических характеристик бетона. Алюминийсодержащие фазы цемента, а также продукты их гидратации склонны к образованию труднорастворимых двойных солей гидратов с противоморозными добавками – электролитами. В результате реакций с алюминатной фазой такие добавки как хлорид, нитрат-нитрит кальция образуют двойные соли с разной скоростью кристаллизации: раньше других кристаллизуется гидрохлоралюминат кальция, медленнее и с меньшей полнотой гидронитроалюминат кальция.

Для зимнего бетонирования с применением противоморозных добавок к цементу предъявляются несколько требований, а именно к химическому и минералогическому составу, активности, прочности и т.д.

Цемент должен обладать высокой активностью, рекомендуемая его марка 400, используются высокоалюминатные, низко-среднеалюминатные цементы. Не допускается применение глиноземистых цементов, а также

цементы на их основе (расширяющий, напрягающий, безусадочный) и шлаковые цементы.

Необходимо свести к минимуму содержание в цементе активных минеральных добавок. При использовании сульфатостойкого цемента применение противоморозных добавок должно сочетаться с электропрогревом. Алинитовый цемент весьма перспективен в качестве специального цемента для зимнего безобогревного бетонирования.

Физические свойства бетонной смеси, как водоотделение, реологические характеристики, удобоукладываемость зависят от состава, вида цемента, температуры состава, дозировки противоморозных добавок.

Добавка, вводимая в больших дозах при пониженной температуре повышает вязкость жидкой фазы бетонной смеси. Опасность водоотделения возрастает при использовании комплексных добавок, так как пластифицирующие сильные замедлители схватывания. В этом случае изменяют состав бетонной смеси за счет увеличения количества песка, понижения его модуля крупности, введение тонкопомолотых минеральных добавок. Противоморозные добавки являются слабыми пластификаторами, поэтому их целесообразно сочетать с пластификаторами, суперпластификаторами, например, сочетание суперпластификаторов с солями кальция. Противоморозные добавки, а также комплексные добавки на их основе сильно сокращают сроки схватывания бетонной смеси, поэтому даже при низкой температуре воздуха их применяют совместно с органическими и неорганическими замедлителями схватывания, например, нитрат кальция, незначительно ускоряет процесс схватывания бетонной смеси, карбамид – замедляет. Процесс гидратации цемента при разных температурах, в том числе при температуре ниже 0 °С в присутствии противоморозных добавок сопровождается тепловыделением. Это необходимо учесть при выборе добавок и назначении их дозировок. При зимнем бетонировании за счет тепловыделения цемента плавление льда будет происходить быстрее и чем выше тепловыделение цемента, тем полнее

его вклад в плавление льда при гидратации цемента в бетоне с противоморозными добавками.

Положительное влияние противоморозных добавок на микроструктуру цементного камня, его поровую структуру и зону контакта с заполнителем проявляется в улучшении физико-механических показателей бетона, но так как процесс гидратации цемента в течение длительного срока протекает при пониженной или низкой температуре, бетон твердеет медленнее, улучшение его прочности показателей выявляются чаще всего после оттаивания.

Противоморозные добавки почти не изменяют сцепление арматуры с бетоном, по разному влияют на долговечность бетона, понижают его карбонизацию. Сульфатостойкость зависит от состава противоморозной добавки. Соли кальция, вступающие в реакцию с алюминатными фазами цемента образуют двойные соли и снижают сульфатостойкость соли щелочных металлов, определяющих морозостойкость бетона – характеристика его поровой структуры и льдистости.

Вид противоморозной добавки выбирается в зависимости от типа и условий эксплуатации конструкций, темпа строительства, метеорологических условий (температуры наружного воздуха и скорости ветра) и технико-экономических показателей.

Количество выбранной противоморозной добавки для получения требуемого снижения температуры замерзания воды устанавливается в зависимости от класса бетона или марки раствора, марки или активности цемента, подвижности бетонной или растворной смеси, предельной крупности и зернового состава заполнителя. При этом, количество добавки, вводимой с целью предотвращения замерзания воды затвердения и воды, поглощаемой крупным заполнителем, назначается не от массы цемента, как величины при прочих равных условиях переменной, а от расхода воды затвердения бетонной смеси. Для правильного дозирования и равномерного распределения противоморозные добавки следует вводить в бетонную смесь

в виде водного раствора рабочей концентрации, т. е. раствора, которым затворяется смесь без дополнительного введения в неё воды.

Требуемая концентрация рабочего раствора устанавливается при подборе состава бетона. Расход противоморозной добавки устанавливается по формуле:

$$D = V \cdot D_{т.п.}, \text{ кг/м}^3,$$

где  $V$  - расход воды для затворения бетонной смеси, л/м<sup>3</sup>;  $D_{т.п.}$  — содержание сухого вещества (твёрдого продукта) противоморозной добавки в 1 л водного раствора заданной концентрации в зависимости от требуемой температуры замерзания воды, кг/л. Расход противоморозной добавки  $D$ , определенный по вышеприведенной формуле, следует проверять и сопоставлять с нормативными допусками её содержания в бетоне ( $C$ ) в зависимости от расхода цемента:  $C = D \cdot 100/C_c$ , %, где  $C_c$  - расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона, кг.

Если установленное количество  $C$  превышает предельно допустимое содержание добавки в бетоне, то такую добавку можно применять только с добавлением ингибиторов коррозии стали. При поставке противоморозной добавки в жидком виде (концентрированный раствор) раствор рабочей концентрации готовится смешиванием добавки с водой затворения. Если добавка доставляется в виде твёрдого продукта или в пастообразном состоянии, то раствор рабочей концентрации может готовиться путем растворения добавки в заданном количестве воды, либо сначала готовится концентрированный раствор добавки, который затем разбавляется водой. При приготовлении раствора рабочей концентрации необходимое количество добавки для получения раствора требуемой концентрации определяется по данным Руководства в зависимости от содержания безводного продукта в 1 л раствора определенной плотности.

При выборе дозировок добавок следует учитывать следующие ограничения: при работе на холодных материалах в бетоны с водоцементным отношением  $V/C_c < 0,5$  необходимо назначать меньшее из указанных

пределов количество добавок, а в бетоны с В/Ц > 0,5 – большее; в бетоны на портландцементе, содержащих С<sub>3</sub>А более 6 %, при работе на подогретых заполнителях следует вводить меньшее количество добавок П, ХК+ХН, НК+М, ННК+М, ННХК+М, а при содержании в портландцементе С<sub>3</sub>А меньше 6 % следует вводить меньшее количество НН и ХК+НН.

Назначение оптимального количества противоморозной добавки имеет важное значение, так как при недостаточном ее количестве может произойти преждевременное замерзание бетона, а при избыточном — темп твердения бетона может замедлиться и неоправданно увеличивается стоимость бетона.

В настоящее время наиболее эффективными и проверенными в производственных условиях противоморозными добавками являются добавки-электролиты: поташ П, НН1, ХК, НК, ННК, ННХК, их комплексы НК+ХН, НК+М, ННХК+М и другие.

Все перечисленные добавки одновременно являются и добавками-ускорителями схватывания и твердения бетонов и растворов, однако их концентрация в «холодных» бетонах значительно (в 2...3 раза) превышает ту, которая необходима для ускорения процессов твердения бетонов при температуре выше 0 °С. Кроме перечисленных к противоморозным добавкам также относятся: карбамид, мочевины бесцветные кристаллы  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , хорошо растворимые в воде, соединение нитрата кальция с мочевиной НКМ, нитрит натрия (НН), продукт в виде кристаллов  $\text{NaNO}_2$  белого цвета с желтоватым оттенком, а также в виде водных растворов.

**Ускоряющая противоморозная добавка (УПДМ).** Сбалансированная по компонентному составу жидкая смесь из отходов производства ацетоуксусного эфира, ацетилацетона и нитрохлораكتинида, взятых в соотношении 7:3:1 по объёму. Раствор темно-коричневого цвета. Дозировка уточняется опытным путем в пределах 0,1..0,42 л/кг цемента при температуре наружного воздуха от 0 °С до -25 °С.

**Формиат натрия спиртовой ФНС.** Отход нефтехимического производства, представляющий 30. ..40 % водный раствор натриевых солей муравьиной и серной кислот. Прозрачная жидкость от соломенного до темно-коричневого цвета. Рекомендуемая дозировка 2. ..6 %, добавка вводится в бетонную смесь с водой затворения. Продукт из органических и Асол-К неорганических компонентов: водного раствора поташа, ингибиторов коррозии и модификаторов. Добавка обеспечивает твердение бетона при температуре до -10 °С. При положительных температурах вызывает быстрое схватывание смесей (от 5 до 30 мин).

**Гидробетон** – (С-3М-15). Противоморозная добавка для бетонов и растворов с пластифицирующим действием. Жидкость темно-коричневого цвета 34. ..36 % концентрации. Обеспечивает твердение бетона при температуре до – 15 °С.

**Гидрозим.** Жидкий антифриз для бетонов и растворов в виде раствора 50 % концентрации. Обеспечивает твердение бетона при температуре до – 15°С. Не вызывает коррозии арматуры в бетоне. Лигнопан-4. Добавка для бетона и железобетона с пластифицирующим действием. Водный раствор 40% концентрации. Обеспечивает твердение бетона при температуре до -18 °С. Дозировка: 2 % при температуре до -5 °С, 3 % до -10 °С, 4 % до -15 °С.

**ПОБЕДИТ-Антимороз.** Противоморозная добавка для сухих строительных растворов, относящаяся к ускорителям. Рекомендуемая дозировка - 2...8 % массы компонентов сухой смеси в зависимости от температуры применения.

**Аммиачная вода.** Продукт ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), представляющий собой аммиачный газ  $\text{NH}_3$ , растворенный в обычной воде. Экономически рациональной противоморозной добавкой является аммиачная вода, так как по сравнению с водными растворами поташа и хлорида кальция, имеет значительно меньший процент объемного расширения и поэтому является наименее опасной в отношении возможных деформаций от расширения жидкой фазы с образованием льда.

В зависимости от расчетной минимальной температуры наружного воздуха назначается определенная концентрация раствора аммиачной воды затворения (табл. 1). В отличие от других противоморозных добавок аммиачная вода не только не вызывает коррозии арматуры, но может служить анодным ингибитором стали от коррозии в железобетонных конструкциях, содержащих хлористые соли. Добавка не ухудшает сцепление арматуры с бетоном, не снижает морозостойкости бетона, не вызывает высолов и образования пятен на поверхностях конструкций. Аммиачная вода несколько замедляет сроки схватывания цементов, что позволяет сохранять удобоукладываемость бетонной смеси от 4 до 7 ч.

### *Рекомендуемая концентрация аммиачной воды*

*Таблица 1.*

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Концентрация аммиачной воды затворения, %
до-10	5
-10... -20	10
-20... -35	15
ниже -35	20

Комплексная противоморозная добавка – это добавка, позволяющая обеспечить набор механической прочности даже зимой, незаменима при изготовлении сборно-монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций в условиях неотопливаемого полигона при температуре твердения бетона до  $-15\text{ C}^0$ .

По ТУ 5870-008-58042865 от 15.06.2005 года применение комплексной пластифицирующей добавки для бетонов и строительных растворов с противоморозным эффектом рекомендуется для тяжелого и легкого конструкционного бетона при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций, монолитных частей сборно-монолитных

конструкций и замоналичивании стыков этих конструкций на полигонах при отрицательной температуре твердения бетона до  $-15\text{ C}^0$ .

Комплексная противоморозная добавка может вводиться в состав бетонной смеси для предотвращения ее замерзания до начала тепловой обработки или термосного выдерживания при возведении монолитных конструкций, изготовлении сборно-монолитных конструкций в условиях неотопливаемого полигона, а также при замоналичивании стыков и швов сборных изделий и конструкций. При этом к моменту замерзания бетона его прочность не должна быть менее 20% от проектной. Добавки в процессе выдерживания бетона могут мигрировать и скопляться в отдельных зонах конструкций (ребрах, поверхностных слоях и других частях) с последующей кристаллизацией. Эти процессы интенсифицируются при многократных температурных перепадах, особенно с периодическим переходом в область положительных температур, что характерно для осенне-весенних периодов, а также оттепелей в зимнее время

Противоморозные добавки допускаются к применению в тяжелых и легких бетонах (класса В10 и выше) в соответствии с «Руководством по применению бетонов с противоморозными добавками». Ориентировочный расход противоморозных добавок в зависимости от расчетной температуры твердения бетона представлен в табл. 2.

### Дозировка противоморозных добавок

Таблица 2.

Расчетная температура бетона, °С	Количество добавок в расчете на сухое вещество, % массовой доли цемента							
	Гидрозим, Гидробетон С-3М-15	ННН	ХН + ХК	КМ, НК+М *	НК+М, ННК+М	ННХК, НН+Х К*, ХК+Н НК	ННХК+М	П, АСОЛ-К
0...-5	1.0	4. ..6	3+0...3+2	3...5	3+1...4+1.5	3...5	2+1...4+1	5...6
-6...-10	1.5	6. ..8	3.5+3.5...4+2.5	6...9	5+1.5...7+2.5	6...9	4.5+1.5...7+2.5	6...8
-11...-15	2.0	8. ..10	3+4.5...3.5+5	7...10	6+2... 8+3	7...10	6+2...8+3	8...10
-16...-20	-	-	2.5+6...3+7	9...12	7+3... 9+4	8...12	7+2... 9+4	10...12
-21...-25	-	-	-			10...14	8+3... 10+4	12...15

Примечание: 1. \*-соотношение компонентов 1:1 по массе в расчете на сухое вещество.

2. При температуре бетона выше - 5 С<sup>0</sup> вместо ХН возможно применение ХК (до 3% массовой доли цемента).

3. Концентрация раствора затворения (с учетом влажности заполнителей таблица 3).

**Таблица 3**

Для П	30
Для НКМ, НК+М, ННК+М, ННХК, ННХК+М, ХН+ХК, ХК+ННК	25
Для НН	20

Концентрация добавок усиливается с уменьшением относительной влажности воздуха, при увеличении расхода цемента и противоморозной добавки в бетоне. Область применения противоморозных добавок в бетонах, представленная в табл. 4, достаточно ограничена, что объясняется следующими причинами.

Процесс кристаллизации солей происходит с увеличением объёма, поэтому их накопление в отдельных зонах конструкций может привести к дефектам и разрушению этих зон. Опасными в этом отношении являются, добавки, содержащие поташ и нитрат кальция. Вследствии активного участия ряда добавок в процессах гидратации цемента, оптимальное их количество для той или иной отрицательной температуры, а также скорость твердения бетона на морозе в значительной мере зависят от минералогического и вещественного состава цемента. Большинство из применяемых добавок образуют двойные соли, которые являются потенциально опасными компонентами цементного камня при эксплуатации бетонов с такими добавками в некоторых агрессивных водных средах. Например, хлориды натрия и кальция резко интенсифицируют процесс коррозии стали во влажных условиях при доступе кислорода воздуха.

В ряде случаев агрессивность хлористых солей в отношении арматуры и технологического оборудования можно уменьшить путем применения комплексных добавок, включающих ингибиторы коррозии стали. Например, при одновременном присутствии в растворе нитрит-ионов при соотношении

Тип конструкций в условиях их эксплуатации	ХК, ХН+Х К	НК, НКМ, НК+М, ННК+М	ХК+НН	ННХК, ННХК+М	НН	П
1. Преднапряженные конструкции (кроме указанных в п.2), стыки сборно-монолитных и сборных конструкций	-	-	-	-	+	-
2. То же, армированные сталью А600, А800, Ат600, Ат800, Ат1000	-	-	-	-	-	-
3. Железобетонные изделия и конструкции с не напряженной рабочей арматурой:						
3.1. диаметром 5 мм и менее	-	+	-	-	+	+
Диаметром более 5 мм	-	+	+	+	+	+
3.2. имеющие выпуск арматуры или закладные детали:						
а) без специальной защиты стали;	-	+	-	-	+	+
б) с цинковым покрытием по стали;	-	-	-	-	+	-
в) с алюминиевым покрытием;	-	-	-	-	-	-
г) с комбинированным покрытием (щелочестойкими лакокрасочными или другими по металлизационному подслою), а также стыки без закладных деталей.	-	+	-	-	-	-
3.3. Предназначенные для эксплуатации в средах:						
а) в неагрессивных газовых;	-	+	+	+	+	+
б) в агрессивных газовых;	-	+	-	-	+	-
в) в зоне переменного уровня воды и в зонах действия блуждающих постоянных токов от посторонних источников;	-	+	-	-	+	-
г) в жидких и газовых средах в нормальном, влажном и мокром режимах при наличии в заполнителе включений реакционно-способного кремнезема;	-	+	-	+	-	-
д) в неагрессивных и агрессивных водных средах, кроме указанных в п. 3.3. е.;	+	+	+	+	+	+*
е) в агрессивных сульфатных водах или в растворах солей и едких щелочей при наличии испаряющих поверхностей;	-	-	-	-	+	-
3.4. Для электрофицированного транспорта и промышленных предприятий, потребляющих постоянный электрический ток.	-	-	-	-	-	-
4. Сборно-монолитные конструкции из оконтуривающих блоков толщиной $\geq 30$ см с монолитным ядром.	-	+	+	+	+	+
5. Бетонные конструкции при эксплуатации в жидких, газовых средах в нормальном, влажном, мокром режимах при наличии в заполнителе реакционно-способного кремнезема.						

**Примечание:** «+» - допускается, «-» - не допускается к применению, «+\*» - допускается в сочетании с добавкой замедлителя схватывания

по массе между НН и ХК не менее 1:1 ионы хлора становятся практически не опасными в отношении арматуры. Однако, в целях исключения возможности

появления коррозионного процесса, область применения противоморозных добавок существенно ограничивается в преднапряженных конструкциях, где такие процессы могут вызвать катастрофические последствия, связанные с разрывом или потерей преднапряженного состояния арматуры в бетоне.

Поташ и нитрат кальция являются нейтральными добавками по отношению к арматуре. Нитраты натрия и кальция являются ингибиторами коррозии арматуры, но могут вызвать коррозионное растрескивание термически упроченной стали, поэтому их применение строго ограничивают в железобетонных изделиях и конструкциях с преднапряженной арматурой.

Комплексную платифицирующую противоморозную добавку **не рекомендуется применять:**

- в условиях постоянного воздействия атмосферной влаги (относительной влажности воздуха более 60%);
- при наличии в заполнителе включений реакционно-способного кремнезема более 50 мг/моль (т.к. возможны дополнительные поры в бетоне или растворе);
- в конструкциях и транспортных сооружениях, находящихся под воздействием постоянного электрического тока;
- в предварительно напряженных конструкциях, армированных сталью классов Ат-IV, Ат-V, Ат-VI, А-IV, А-V.

## **2.2. Механизм действия противоморозных добавок**

По механизму действия противоморозные добавки в бетоны, твердеющие при температуре ниже 0 °С, разделяются на три группы.

К первой группе относятся антифризы – вещества, понижающие температуру замерзания жидкой фазы бетона и являющиеся либо слабыми ускорителями, либо слабыми замедлителями схватывания и твердения бетона, то есть практически не влияют на скорость структурообразования. К этой группе относятся ХН, НН, М и другие.

Твердения бетона без последующего обогрева основано на том, что при введении в его состав вышеуказанных добавок при отрицательных температурах сохраняется жидкая фаза. В этом случае минералы портландцемента способны гидратироваться, обеспечивая твердение бетона, но со скоростью несколько меньшей, чем при положительной температуре. Понижение температуры замерзания воды обусловлено тем, что при растворении добавок происходит их химическое взаимодействие с водой. В результате образуются сольваты – более или менее прочные соединения частиц растворенного вещества с молекулами воды (например, ионов Na и  $\text{NO}_2$  при растворении нитрита натрия). Поэтому для превращения воды раствора в лёд необходимо затратить энергию не только на замедление движения молекул воды, но и на разрушение сольватов.

Количество молекул воды, связываемых с каждой частицей растворенного вещества, т.е. состав сольватов, и сила этой связи зависят, главным образом, от электрических свойств частиц, их размеров и сочетаний, а также от содержания частиц в единице объема воды (от концентрации раствора). При этом, однако, в нем постепенно уменьшается содержание «свободных» молекул воды, способных к взаимодействию с минералами цемента. Вследствие образования сольватов вода в растворах замерзает постепенно, по мере охлаждения.

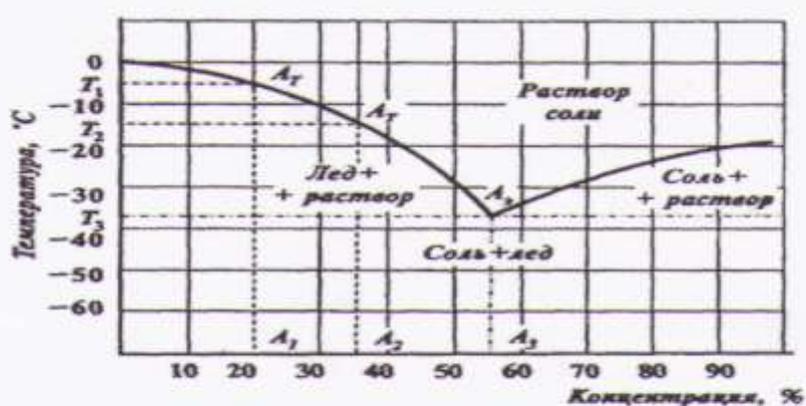


Рис. 1. Диаграмма состояния «соль — вода»

Представленная на рис. 1 диаграмма состояния системы «соль-вода» в зависимости от температуры показывает, что раствору с концентрацией  $A_1$  отвечает части воды затворения в лёд, концентрация раствора повышается, соответственно понижается температура замерзания раствора (участок кривой  $OA_3$ ). Лишь в точке, отвечающей концентрации  $A_3$ , в твердую фазу выпадут в виде криогидрата оставшиеся вода и соль (эвтектика). Поэтому нижний температурный предел применения добавки ограничен температурой ее эвтектической точки.

Согласно диаграмме состояния системы «соль-вода-лёд» изменение каким-либо образом равновесной концентрации раствора вызовет либо таяние, либо образование льда. Практически все противоморозные добавки применяются в концентрации меньшей равновесной, поэтому при охлаждении бетона ниже температуры замерзания водного раствора введенной добавки в нем начинается льдообразование, которое протекает совместно с формированием собственной структуры бетона. Благодаря этому обстоятельству, а также тому, что в присутствии добавок лёд имеет чешуйчатое строение, в бетоне не происходит заметных деструктивных процессов, отражающихся на его прочности.

Одновременно с этим часть введенных солей переходит в твердую фазу в виде новообразований, понижая концентрацию раствора, а некоторое количество воды – в образующиеся кристаллогидраты, повышая ее. Развитие этих противоположных процессов приводит к непрерывному изменению количества льда в бетоне: в начале оно увеличивается, а затем, когда процесс перехода добавки в твердую фазу стабилизируется и в жидкой фазе бетона установится равновесная для данной температуры концентрация добавки, уменьшается.

В образовании структуры бетона, твердеющего на морозе, большую роль играют продукты реакции между введенными электролитами, минералами портландцементного клинкера и гидроксидом кальция. В результате химического взаимодействия добавок с алюминийсодержащими фазами

цемента образуются двойные соли типа ГХАК, ГНиАК, ГНАК и другие, а взаимодействие электролитов с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  приводит к образованию гидроокиси солей разной основности.

Исследование показали, что структура бетона с противоморозными добавками, формирующими первичный структурный каркас, характеризуется более высокими механическими показателями, плотнее, менее водопроницаема и обладает большей морозостойкостью. Коэффициенты газо и водопроницаемости при давлении до 2 МПа на 2...3 порядка ниже, чем у бетонов без добавок.

Ко второй группе относятся добавки, обладающие слабыми антифризными свойствами, но являющиеся сильными ускорителями твердения бетона – сульфаты железа, алюминия и некоторых других металлов. На ранней стадии твердения бетонной смеси такие добавки обеспечивают создание достаточно плотной микрокапиллярной структуры цементного камня, что обусловлено протеканием обменных реакций с образованием труднорастворимых соединений. В этом случае твердение бетона при отрицательной температуре объясняется тем, что в микрокапиллярной структуре цементного камня вода не замерзает, обеспечивая тем самым процессы гидратации клинкерных минералов. При этом, чем выше концентрация солевого раствора и чем меньше диаметр капилляров, тем при более низкой температуре в них будет замерзать вода. Кроме того, реакция взаимодействия добавок с продуктами гидратации сопровождаются сильным тепловыделением, что также положительно влияет на процессы твердения бетона.

Процессы льдообразования в бетоне с добавками проходят одновременно со структурообразованием. Причем, создание микрокапиллярной структуры бетона на сравнительно раннем этапе его твердения вызывает дополнительное понижение температуры замерзания поровой жидкости в результате давления пара в порах с радиусом менее  $10^{-7}$  м за счет кельвиновского эффекта. Однако, вследствие практически полного

связывания этих добавок в труднорастворимые соединения, рассчитывать на них как на добавки, понижающие температуру замерзания жидкой фазы в бетонах, нельзя.

К третьей группе относятся такие добавки, которые сильно ускоряют схватывание бетонной смеси и твердение бетона и обладают хорошими антифризными свойствами. К ним относятся: поташ, хлористый кальций, хлорное железо, ННХК, ННХК+М и другие. Растворы таких добавок имеют достаточно низкую эвтектическую температуру, например, поташ:  $-36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хлорид кальция:  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нитрат кальция:  $-28,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нитрит-нитрат кальция:  $-29,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ускоренное твердение бетона вызвано, главным образом, тем, что эти добавки повышают растворимость силикатных составляющих цемента и образуют с продуктами его гидратации двойные или основные соли. При взаимодействии добавок с алюминий содержащими фазами цемента также образуются двойные соли типа ГХАК, ГНАК и другие. Кристаллы образующихся солей имеют, как правило, удлиненную форму, благодаря чему они как бы «формируют» цементный камень. Однако, за счет химического связывания добавок (кроме поташа), температура замерзания жидкой фазы бетона постепенно повышается в зависимости от скорости образования перечисленных двойных и основных солей. По мере охлаждения бетона выкристаллизовывается «пресный» лёд, поэтому концентрация раствора возрастает, что приводит к понижению температуры его замерзания. Этому же способствует уменьшение кристаллогидратов.

### **2.3. Требование к материалам и подбор состава бетона с противоморозными добавками**

Комплексная добавка с противоморозным эффектом по показателям качества должна удовлетворять требования ТУ 5870-008-58042865-05 в сухой и жидкой форме: в виде водорастворимого порошка коричневого цвета или

водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 30%.

Для приготовления бетонов с противоморозными добавками рекомендуется применять быстротвердеющего портландцементы, соответствующие ГОСТ 10178, бездобавочные портландцементы и портландцементы с минеральными добавками марок М 400 и выше с содержанием в клинкере трехкальцевого алюмината не более 10%. Допускается применение быстротвердеющие шлакопортландцемента и шлакопортландцемента марок 400 и 500, как правило, в сочетании с электропрогревом (обогревом) бетона.

В случае предъявления к бетону требований по морозостойкости (Г100 и выше), следует применять только портландцементы с содержанием  $C_3A$  до 6%, если в проекте нет специальных указаний по виду применяемого портландцемента.

Условия применения других видов цемента (пуццолановые и сульфатостойкие, и шлакопортландцементы) определяются руководством.

Вода, применяемая для приготовления рабочих растворов противоморозных добавок и бетонной смеси, должны удовлетворить требованиям ГОСТ 23732.

Заполнители для тяжелых бетонов и бетонов на пористых заполнителях должны удовлетворять требованиям ГОСТ -26633, ГОСТ-25820.

Заполнители, предназначенные для приготовления бетонов с добавками солей натрия и калия, не должны содержать включений реакционно - неспособного кремнезема (опал, халцедон, обсидиан, цеолит и др.), так как его присутствие может привести к развитию щелочной коррозии бетона, которая особенно интенсивно развивается во влажной среде. В результате взаимодействия плохо закристаллизованной кремнекислоты с едким щелочами, образующимися в жидкой фазе бетона с перечисленными добавками, в бетоне появляются внутренние напряжения, превосходящие по величине прочность на растяжение заполнителя или цементного камня и

вызывающие появление микро- и макротрещин вплоть до разрушения конструкции.

При приготовлении бетонной смеси на холодных заполнителях в них не допускается включений льда, снега, смерзшихся комьев и наледи.

Подбор состава бетона требуемого класса и подвижности бетонной смеси может производиться любым известным методом вначале без добавки, а затем с добавкой с определением подвижности бетонной смеси и ее сохраняемости.

Подвижность бетонной смеси с противоморозными добавками назначается такой же, как для обычного бетона, в зависимости от геометрических особенностей конструкции или стыка и средств уплотнения смеси. Следует стремиться к уменьшению подвижности бетонной смеси, так как это способствует ускорению твердения бетона в начальные сроки.

При проектировании состава бетона с требованиями по морозостойкости (F 150 и более) и водонепроницаемости (W4 и более), смесь загустевает ранее, чем через 30 мин, независимо от продолжительности ее укладки, необходимо предусматривать введение в состав бетона добавки замедлителя схватывания. В бетоны с проектными требованиями по морозостойкости Г200 и выше следует вводить воздуховлекающие или микрогазообразующие добавки, вид и количество которых установлены требованиями. При необходимости введения в бетонную смесь воздуховлекающих добавок следует учитывать специфическое влияние вовлеченного воздуха на пластические свойства смеси – повышение удобоформируемости под воздействием вибрации при практически незаметном влиянии на подвижность смеси. Поэтому, при использовании противоморозных добавок в сочетании с воздуховлекающими, возможно снижение подвижности смеси за счет уменьшения расхода воды, что компенсирует понижение прочности бетона, связанное с некоторым увеличением пористости бетона.

В ряде случаев в процессе эксплуатации бетонные и железобетонные конструкции подвергаются различным воздействиям внешней среды (попеременное нагревание и охлаждение, увлажнение и высушивание, воздействие агрессивных жидкостей и газов), которые могут быть причиной преждевременного разрушения бетона и конструкции в целом. Поэтому использованию противоморозных добавок в бетоне должны предшествовать специальные испытания в соответствии с требованиями ГОСТ 30459.

В обязательном порядке следует проводить испытание на коррозионное воздействие противоморозных добавок на бетон, а для бетонов с добавками, содержащими водорастворимые соли щелочных металлов в количестве более 0,3% от массы цемента (в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$ ), следует определять высолообразование.

Эффективность противоморозной добавки определяют по набору прочности бетона твердеющего при отрицательной температуре.

Для определения требуемых показателей качества бетонов, твердеющих на морозе, изготавливают соответствующие образцы в необходимом количестве и подвергают их испытанию по ГОСТ 30459.

Изменение прочности бетона  $R$  после твердения при отрицательной температуре вычисляют по формуле:

$$R = (R_{28d} / R_{28k}) * 100\%$$

Где  $R_{28d}$  – прочность бетона основных составов после нахождения в морозильной камере в течение 28 сут.  $U$  оттаивания на воздухе, МПа;

$R_{28k}$  – прочность бетона контрольного состава после твердения в нормальных условиях, МПа.

При производстве работ в зимнее время необходимо соблюдать ряд обязательных условий, выполнение которых позволит получить изделия и конструкции отвечающие соответствующим нормативам и требованиям по показателям назначения и долговечности.

## 2.4. Приготовление водного раствора добавки

1. Комплексная противоморозная добавка вводится в бетонную смесь в виде водного раствора рабочей концентрации. Рабочая концентрация применяемого раствора выбирается потребителем исходя из требований технологии, условий применения и удобства в использовании. Не рекомендуется применять добавку в сухом виде, т.к. эффективность ее использования в этом случае не превышает 30%.

2. Готовить раствор добавки желательно при положительной температуре окружающей среды в тщательно очищенных и промытых емкостях, защищенных от попадания осадков. Растворение следует производить при перемешивании до получения однородного продукта. После длительного хранения раствор добавки перед применением рекомендуется перемешать.

3. В таблице 5 приведена зависимость плотности водного раствора добавки от процентного содержания массовой доли сухого вещества и дозировки при различных температурах твердения бетона.

**Таблица 5**

Массовая доля сухого вещества %	Масса навески при влаге 8% в 100 г. раствора	Плотность г/см.	До 5С (1%)		До 10 С (1,5%)		До 15 С (2%)	
			кг	л	кг	л	кг	л
38	41,30	1,215	2,6	2,1	3,9	3,2	5,3	4,4
37	40,22	1,2	2,7	2,3	4,1	3,4	5,4	4,5
36	39,13	1,19	2,8	2,4	4,2	3,5	5,6	4,7
35	38,04	1,185	2,9	2,5	4,3	3,6	5,7	4,8
34	36,96	1,175	2,9	2,5	4,4	3,7	5,9	5,0
33	35,87	1,17	3,0	2,6	4,5	3,85	6,1	5,2
32	34,78	1,16	3,1	2,7	4,65	4,0	6,2	5,35
31	33,70	1,15	3,2	2,8	4,8	4,2	6,4	5,6
30	32,61	1,14	3,3	2,9	5,0	4,4	6,6	5,8

- для лучшего растворения следует дозировать добавку в воду при интенсивном перемешивании;

- растворение происходит быстрее, если температура воды 30<sup>0</sup>С – 60<sup>0</sup> С;

- перед применением раствор рабочей концентрации желательно выстоять в течение одних суток;

- плотность приготовленного раствора необходимо определять при температуре  $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

4. Пример расчета. Приготовим 35% раствор комплексной добавки с противоморозным эффектом рабочей концентрации. По паспорту – сертификату, либо опытным путем устанавливается содержание влаги в сухой добавке. Предположим, что влага в сухом продукте составляет  $W=8\%$ . По таблице-5 масса добавки для приготовления раствора составит 38,04 грамма на 100 граммов раствора. Следовательно, для приготовления 100 кг раствора добавки рабочей концентрации потребуется 38,04 кг сухой добавки и 61,96 кг (или литров) воды.

## **2.5. Технология приготовления бетонной смеси с противоморозными добавками**

При применении подогретых заполнителей технология приготовления бетонной смеси не отличается от обычной с использованием раствора добавки рабочей концентрации вместо воды затворения. При работе на холодных материалах в начале в бетоносмеситель загружаются заполнители и раствор добавки рабочей концентрации, а после их перемешивания в течение 1,5...2 мин – цемент с последующим перемешиванием 4...5 мин. В случае быстрого схватывания бетонной смеси и небольших объемов укладываемого бетона целесообразно применять отдельный способ приготовления: предварительно приготовленная сухая смесь цемента и заполнителей затворяется раствором добавки рабочей концентрации непосредственно на строительном объекте и перемешивается в течение 3...3,5 мин.

Температура приготовляемой бетонной смеси должна назначаться строительной лабораторией, исходя из условий производства, сроков

загустевания смеси, теплотеря при транспортировании, перегрузках и укладке, а также в зависимости от технико-экономических показателей.

Выбор способов и средств доставки бетонной смеси и предельная продолжительность её транспортирования к месту укладки устанавливается с учетом обеспечения требуемого качества смеси к началу бетонирования. Если в процессе транспортирования невозможно обеспечить сохраняемость смеси из-за её расслаиваемости, то в состав бетона рекомендуется вводить воздуховлекающие добавки СНВ или СПД в количестве 0,005...0,025% с корректировкой подвижности смеси.

Предельная продолжительность транспортирования бетонной смеси на пористых заполнителях из-за быстрой потери подвижности не должна превышать 45 мин.

Бетонирование массивных конструкций следует производить так, чтобы температура бетона в уложенном слое не снижалась ниже минимально допустимой, а на поверхности бетона к концу укладки была не ниже расчетной.

Выдерживание монолитных бетонных и железобетонных конструкций, не защищенных опалубкой, по окончании бетонирования во избежание потери влаги или, наоборот, повышенного увлажнения за счет атмосферных осадков, следует производить с обязательным укрытием слоем гидроизоляционного материала. Для этого используются полиэтиленовая пленка, прорезиненная ткань, рубероид и другие материалы. Поверхности бетона, не защищенные опалубкой, необходимо укрывать слоем теплоизоляционного материала (опилки, шлак, войлок, песок, грунт, снег и другие). При возможном понижении температуры бетона ниже расчетной, конструкцию следует утеплять или обогревать до набора бетоном критической прочности. (Критической считается прочность, до достижения которой бетон при последующем твердении может подвергаться замораживанию без снижения показателей его назначения. Например, для

бетонов класса В15, В22,5 и В30 критической является прочность, равная соответственно 30, 25 и 20% проектной).

Распалубливание и загрузка конструкций, а также снятие гидро- и теплоизоляционных укрытий должно производиться только после испытания контрольных образцов, подтверждающих достижение бетоном требуемой прочности. Эти требования обусловлены как возможными колебаниями температуры в процессе выдерживания бетона, так и неоднозначным влиянием противоморозных добавок на рост прочности бетона.

В таблице 6 приведена кинетика твердения бетона классов по прочности на сжатие В35-В40 при различных дозировках добавки, различной температуре твердения бетона, в различном возрасте, для других классов бетонов массу вводимой добавки следует уточнять экспериментально.

### **Кинетика твердения бетонов классов по прочности**

**Таблица 6**

Средняя расчетная температура твердения бетона	Дозировка добавки в пересчете на сухое вещество, в % от массы цемента	Прочность бетона на сжатие в % от проектной, в возрасте, суток		
		3	7	28
-5 С	1	8-12	15-22	30-35
-10 С	1,5	5-10	15-20	30-35
-15 С	2-2,5	5-7	15-17	27-33

### **2.6. Дозирование противоморозной добавки. Контроль качества бетонных смесей**

1. Рекомендуемые дозировки комплексной противоморозной добавки представлены в таблице 5.

2. Введение комплексной добавки с противоморозным эффектом в состав бетонной смеси рекомендуется производить одновременно с первыми порциями воды затворения. При производстве бетона следует обеспечивать

равномерность распределения добавки в соответствии нормативными требованиями.

3. Дозирование добавки должно осуществляться с точностью  $\pm 2\%$  от ее расчетного количества.

4. Бетонную смесь с комплексной добавкой можно перевозить в неутепленной таре, но с обязательной защитой от атмосферных осадков и вымораживания воды.

5. Комплексную противоморозную добавку в виде водного раствора следует хранить в неутепленных емкостях, защищенных от попадания осадков. Раствор добавки 30-35% концентрации может храниться при температуре до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

6. Сухой продукт следует хранить в сухом помещении при температуре не выше  $35^{\circ}\text{C}$ .

7. Гарантийный срок хранения комплексной добавки:

- в сухом виде – в течение 1 года;

- в жидком виде – шесть месяцев с момента изготовления.

По истечению гарантийного срока добавка должна быть испытана по всем нормируемым показателям качества и, в случае соответствия требованиям действующих ТУ, может быть использована в производстве.

**Таблица 7.**

Средняя расчетная температура твердения бетона	Дозировка добавки в пересчете на сухое вещество, в % от массы цемента
До $-5^{\circ}\text{C}$	1
До $-10^{\circ}\text{C}$	1,5
До $-15^{\circ}\text{C}$	2-2,5

Таблица-7 составлена на основе данных, полученных в результате подбора состава бетона марки В35 – В40 (с использованием цемента ПЦ 400 Д20). Для других классов бетона в массу вводимой добавки следует уточнять экспериментально в лабораторных условиях;

- данные таблицы должны обязательно уточняться применительно к используемому цементу и заполнителям;

- для бетонов с расходом цемента меньше, чем 350 кг на 1 м<sup>3</sup> при температуре – 15 С дозировку добавки следует увеличить. Оптимальное количество добавки подбирается экспериментально в лабораторных условиях.

При применении комплексной противоморозной добавки контроль за производством следует осуществлять на следующих этапах работ:

- при приготовлении (для приготовления бетонной смеси с добавкой допускается применение всех видов бетоносмесительной при условии обеспечения равномерности перемешивания в соответствии с ГОСТ 7473-85);

- при транспортировании (транспортирование высокоподвижных и литных бетонных смесей (ОК более 15 см.) к постам формирования должно осуществляться устройствами, конструкция которых не допускает утечки цементного молока и исключает расслаивание смеси, количество перегрузок должно быть минимальным);

- при укладке бетонных смесей;

- при твердении бетонов.

При приготовлении бетонной смеси следует контролировать длительность ее перемешивания, температуру, подвижность. Испытание бетонной смеси следует проводить через 15 минут после отбора пробы по ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава».

При твердении бетонов следует контролировать выбранный температурно-влажностный режим, а в затвердевшем бетоне – его прочность (в контрольных кубах и при необходимости в изделиях) и другие требуемые показатели, для контроля качества производства бетонных работ следует дополнительно изготовить образцы от каждой партии у места укладки и испытать их в следующие сроки:

- три образца после установленного срока выдерживания до приобретения заданной прочности;

- три образца после достижения бетоном конструкции положительной температуры и дополнительного 28-суточного выдерживания в нормальных условиях;

- три образца – перед нагружением конструкции нормативной нагрузкой.

Образцы, хранившиеся на морозе, перед испытаниями должны быть выдержаны 2-4 часа для оттаивания в нормальных температурно-влажностных условиях.

Контрольные образцы для определения прочности бетона должны всегда храниться с теневой стороны конструкции и защищаться от непосредственного влияния солнечных лучей, так как фактические температуры на солнечной стороне конструкции могут на  $5^{\circ}\text{C}$  –  $15^{\circ}\text{C}$  превышать температуру бетона в тени.

## Глава III. ВИДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОФОБНО-ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

### 3.1. Гидрофобирующие добавки

Гидрофобизирующие добавки – это вещества, придающие стенкам пор и капилляров в бетоне гидрофобные (водоотталкивающие) свойства.

Гидрофобизирующие добавки, к числу которых принадлежат многие органические вещества с резкой асимметрией в строении их молекул, вводят в бетонные и растворные смеси с целью:

- уменьшения смачивания стенок пор и капилляров, а также поверхности изделий;
- воздухововлечения или газообразования, сопровождающегося гидрофобизацией образующихся газовых полостей;
- повышения связности и подвижности бетонной смеси, происходящего за счет равномерно распределенных в ней пузырьков воздуха или газа.

Придание бетонам и растворам водоотталкивающих свойств с применением гидрофобизирующих добавок наиболее эффективно в тонкостенных элементах конструкций полов, облицовок резервуаров, лотков, а также при необходимости исключить возможность взаимодействия жидкостей с цементом и при высоких гигиенических требованиях к покрытию полов, резервуаров и других поверхностей, увлажнение которых нежелательно по технологическим или гигиеническим соображениям. В зависимости от эффекта действия гидрофобизирующие добавки разделены на три группы.

**I группа.** Фенилэтоксисилоксан 113-63 (бывш. ФЭС-50). Прозрачная подвижная жидкость, нерастворимая в воде, образует эмульсию. Введение добавки способствует длительному сохранению подвижности бетонной смеси, но приводит к снижению прочности бетона. Не рекомендуется тепловлажностная обработка бетона.

Алюмометилсиликонат натрия АМСР-3. Продукт взаимодействия металлического алюминия с метилсиликанатом натрия. Бесцветная или желтоватая жидкость, смешивающаяся с водой в любых соотношениях. ПластИЛ. Гидрофобизатор для растворов и бетонов на портланд- и шлакопортландцементе. Добавка не содержит хлоридов, вызывающих коррозию арматуры; повышает жизнеспособность и не расслаиваемость смесей; обладает пластифицирующим действием. Добавку вводят в бетонную (растворную) смесь в сухом виде или в виде суспензии. Рекомендуемая дозировка— 1,5 % массы цемента. Производитель: ОАО «Спецстройматериалы».

**II группа.** Полигидросилоксаны 136-41 (бывш. ГКЖ-94) и 136-157М (бывш. ГКЖ-94М). Полимеры этилгидросилоксана, образующиеся при гидролизе этилдихлорсилана. Содержание активного водорода в ГКЖ-94 - 1,3... 1,42 %, в ГКЖ-94М - 1,76 %. При использовании указанных добавок температура смеси не должна превышать 30°C. Не допускается электропрогрев смеси. Эффективность действия добавок выше для пуццолановых портланддементов и шлакопортландцементов.

Комплексная органо-минеральная добавка КОМД-С. Добавка из прямой эмульсии соапстока растительных масел в водном растворе сульфидно-дрожжевой бражки и нитрита натрия. Растворима в воде. Обладает усиленным пластифицирующим действием (на 35...45 %).

Полигидросилоксаны и другие добавки, используемые как гидрофобизаторы II группы, должны снижать водопоглощение бетона в 2...4,9 раза (через 28 сут испытания).

**III группа.** Сернокислые соли пеназолинов ССП. Водный раствор от светло-желтого до светло-коричневого цвета, имеет водородный показатель  $pH = 7,39$ , снижает поверхностное натяжение.

Этилсиликонат натрия ГКЖ-10 и метилсиликонат натрия ГКЖ-11. Прозрачные жидкости от бледно-желтого до коричневого цвета.

Гидрофобизирующие добавки III группы должны снижать водопоглощение бетона в 1,4... 1,9 раза (через 28 сут испытания).

Механизм действия гидрофобизирующих добавок состоит в том, что они при контакте с продуктами гидратации цемента осаждаются в виде мельчайших капелек на стенках мелких пор и капилляров, образуя гидрофобные покрытия. В результате этого возникает контакт, имеющий обратный угол, при котором силы поверхностного натяжения выталкивают воду из пор.

Эффективность гидрофобизирующих добавок оценивают по степени уменьшения водопоглощения бетона в соответствии с требованиями ГОСТ 30459. Показатель уменьшения водопоглощения (по массе) вычисляют по формуле:

$$U_w = W_k / W_d \%$$

где  $W_k$  - водопоглощение образцов контрольного состава (без добавок), %,

$W_d$  - водопоглощение образцов основных составов (с добавкой), %.

Применение гидрофобизирующих добавок в цементных системах способствует формированию плотной и однородной структуры. Это выражается в уменьшении количества и размеров макропор (радиус пор менее 10 мкм), а также в их более равномерном распределении в массе цементного камня. Количество макропор в цементных системах с добавками в 2...4 раза меньше, чем в бездобавочных системах. Макропоры, как правило, замкнутые, имеют правильные окружные формы с ровными краями. Их размеры находятся в пределах от 0,5 до 0,05 мм с преобладанием пор размером 0,1 мм.

Гидрофобизирующие добавки способствуют модифицированию продуктов гидратации цемента. Исследованиями установлено, что использование комплексных органоминеральных добавок КОМД-С приводит к увеличению количества гелеобразных волокнистых и тонкоигольчатых гидросиликатов кальция среди гидратных продуктов, в результате чего

дисперсность структуры цементного камня повышается и она становится более однородной. Новообразования в цементном камне, получающиеся в процессе структурообразования при введении органоминеральной добавки, по своей природе не отличаются от гидратных образований, возникающих при добавлении соли ННХК, однако, за счет увеличения адсорбционно-связанной воды, в бетонах с добавкой КОМД-С наблюдается повышение средней плотности и прочности.

При использовании гидрофобизирующих добавок для устройства полов и стен важно определить, не будут ли они препятствовать сцеплению с применяемыми покрытиями, клеящими составами или штукатуркой. Рекомендуемая дозировка гидрофобизирующих добавок в зависимости от вида применяемого цемента приведена в табл. 8.

Содержание добавок в бетонах и растворах не должно превышать указанных величин, так как их использование в большем количестве, чем рекомендуется, может вызвать уменьшение плотности, прочности и водостойкости. Плохое и недостаточное перемешивание бетонных смесей с гидрофобизирующими добавками также может привести к снижению водоотталкивающих свойств бетона.

### ***Рекомендуемая дозировка гидрофобизирующих добавок***

***Таблица 8.***

<i>Вид портландцемента</i>	<i>Количество сухого вещества, % массы цемента</i>		
	<i>113-63, АМСР-3, КОМД-С</i>	<i>136-41, 136-157М</i>	<i>ГКЖ-10, ГКЖ-11, ССП</i>
<i>Обычный, быстротвердеющий</i>	<i>0,1...0,2</i>	<i>0,06...0,08</i>	<i>0,1.0,2</i>
<i>Сульфатостойкий</i>	<i>0,03...0,1</i>	<i>0,05...0,07</i>	<i>0,05...0,15</i>
<i>Пластифицированный</i>	<i>0,03...0,1</i>	<i>0,03...0,05</i>	<i>0,05...0,15</i>
<i>Шлакопортландцемент</i>	<i>0,1...0,2</i>	<i>0,06...0,08</i>	<i>0,1...0,2</i>
<i>Пуццолановый</i>	<i>0,1...0,2</i>	<i>0,06...0,08</i>	<i>0,1...0,2</i>

*Добавки зарубежных производителей:*

Стеарат цинка (Stavinor Zn E). Гидрофобный агент с большой удельной поверхностью и продолжительным эффектом действия для штукатурных растворов. Обладает действием альгицида (препятствует образованию водорослей). Дозировка - 0,1... 1,0 % массы цемента. Производитель: ЗАО «Еврохим».

Стеарат кальция (Stavinor Ca PSE). Гидрофобный агент с большой удельной поверхностью для штукатурных растворов. Дозировка - 0,2...1,0 % массы цемента. Производитель: ЗАО «Еврохим».

Гидрофоб Е (HIDROFOBE). Гидрофобный агент для строительных растворов. Обладает пластифицирующим действием. Молочно-желтая или желтая жидкость. Дозировка для цементных растворов - 3 % массы цемента; для известково-цементных растворов – 4...5% массы вяжущего, для известковых растворов – 7...10 % массы вяжущего. Производитель: Фирма ТКК (Словения).

Сементол Е (Cementol E). Гидрофобизатор для строительных растворов с пластифицирующим действием. Дозировка для цементных растворов – 3 % массы цемента; для известково-цементных растворов – 3...5 % массы вяжущего; для известковых растворов – 7... 10 % массы вяжущего. Производитель: Фирма ТКК (Словения).

Зикалайт (Sikalite). Гидрофобная добавка для строительных растворов. Бежевый порошок, который следует предварительно смешивать с сухой смесью цемента и песка. Дозировка – 2 % массы цемента. Производитель: Sika (Швейцария).

Zukarapfl-700C(Sikagard-700S). Водоотталкивающая пропитка на основе алкилалкокси- силоксанов для оснований на основе цемента. Бесцветная жидкость плотностью 0,8 кг/м<sup>3</sup>. Расход материала в зависимости от пористости основания – 0,15 кг/м<sup>2</sup>. Рекомендуется наносить 2...3 слоя пропитки. Производитель: Sika (Швейцария).

Гидрофобизатор для растворов и бетонов. Белый порошок, который предварительно смешивается с сухой смесью цемента и песка.

Рекомендуемая дозировка -2,0...3,0 % от массы цемента. Производитель: ОАО «Завод сухих смесей».

Аддимент ДМ 2 (Addiment DM 2). Гидрофобизатор для растворов и бетонов. Добавка не содержит хлоридов, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка — 0,2...0,8 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Олеат натрия (Liga Natriumoleat 90). Активный гидрофобный агент в виде порошка для растворов и бетонов. Рекомендуемая дозировка — 0,05...0,6 % от массы цемента. Производитель: ЗАО «Еврохим».

Зикагард-702 В-Аквафоб (Sikagard-702 W-Aquahod). Концентрат силиконовой микроэмульсии: при разбавлении водой служит водоотталкивающей пропиткой с высокой проникающей способностью. Желтоватая жидкость плотностью 0,9 кг/м<sup>3</sup>. Расход материала в зависимости от пористости основания - 0,15 кг/м<sup>2</sup>. Рекомендуется наносить 2...3 слоя пропитки. Производитель: Sika (Швейцария).

Добавки этой группы по требованиям надежности должны обеспечивать снижение водопоглощения бетона в 5 раз и более (через 28 сут испытания).

### **3.2. Добавки ускорители схватывания и твердения.**

В монолитном строительстве при бетонировании бетонных и железобетонных конструкций в ряде случаев возникает необходимость ускорить рост прочности уложенного бетона с целью сокращения сроков его выдержки перед распалубкой с последующим ускорением строительного процесса. Для этого эффективно использование электролитов - добавок-ускорителей схватывания бетонных смесей и твердения бетона.

Значительный эффект от использования добавок-ускорителей имеет место и в технологии сборного бетона и железобетона. Сокращение сроков схватывания цемента и интенсификация его твердения актуальны как для

бетонов нормально-влажностного твердения, так и подвергаемых тепло-влажностной обработке, причем не только для бетонов на плотных, но и на пористых заполнителях. При производстве сборных конструкций в условиях полигона, когда тепловая обработка не предусматривается, добавки-ускорители твердения позволяют сократить выдержку отформованных изделий в формах и, таким образом, уменьшить требуемое количество форм, а, следовательно, и металлоемкость производства. Кроме того, сокращается производственная площадь, необходимая для выдерживания отформованных изделий. В заводских условиях производства сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций применение добавок-ускорителей схватывания и твердения позволяет сократить время тепловлажностной обработки, что ускоряет оборачиваемость форм и тепловых агрегатов. Это способствует снижению металлоемкости производства и сокращению энергетических затрат на тепловую обработку. Благодаря введению добавок-ускорителей удастся снизить расход цемента, причем, дополнительное использование совместно с электролитами пластифицирующих органических добавок обеспечивает возможность снижения клинкерного вяжущего до 12... 15 %. Таким образом, применение добавок-ускорителей схватывания и твердения является эффективным технологическим приемом, позволяющим снизить себестоимость продукции и улучшить технико-экономические показатели деятельности предприятия.

Другим важным направлением использования добавок-ускорителей схватывания и твердения является бетонирование конструкций при отрицательной температуре. В этом случае роль добавок заключается в ускорении процессов гидратации и твердения цементного теста с целью формирования бетона с достаточной «критической» прочностью, которая могла бы обеспечить его сопротивляемость давлению замерзающей в порах воды и формирование мелкопористой структуры цементного камня и бетона. Это дает возможность замораживания бетона до температур ниже расчетной без опасности его размораживания, так как в бетоне резко сокращается

количество свободной воды, а формирующаяся мелкопористая структура исключает возможность замерзания воды в порах при обычных зимних температурах.

Основным критерием эффективности добавок-ускорителей схватывания бетонных и растворных смесей является ускорение процесса схватывания на 25 % и более (при температуре окружающего воздуха  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ ). Для добавок-ускорителей твердения бетона по требованиям надежности необходимо повышение прочности бетона на 20 % и более в возрасте 1 суток нормального твердения.

В настоящее время нашли применение следующие виды добавок-ускорителей схватывания и твердения бетона.

Поташ П (карбонат калия  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Продукт в виде кристаллического порошка белого цвета – соль с сильно выраженными щелочными свойствами. Наблюдается быстрое схватывание бетонной смеси, получение бетона с крупнопористой структурой. При использовании заполнителей, содержащих реакционно-способный кремнезем, возможна щелочная коррозия бетона. Дозировка добавки - до 5 % массы цемента.

Хлорид кальция ХК. Кристаллический порошок белого цвета в виде  $\text{CaCl}_2$  или дигидрата  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , а также водных растворов. При длительном стоянии на воздухе порошок расплывается.

Нитрат кальция НК. Выпускается в виде кристаллов  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  или тетрагидрата  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Продукт бесцветный, хорошо растворим в воде.

Нитрит-нитрат кальция ННК. Смесь нитрита и нитрата кальция в соотношении по массе 1:1 в виде водного раствора или пасты. Не допускается смешивать с растворами ЛСТ. Нитрит-нитрат-хлорид кальция ННХК. Продукт, получаемый смешением нитрит-нитрата кальция с хлоридом кальция в соотношении 1:1. Водный раствор желтоватого цвета с плотностью 1,1... 1,3 г/см<sup>3</sup>.

*Сульфат натрия СН.* Кристаллы белого цвета с желтым оттенком в виде декагидрата  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  или безводной соли. Трудно и ограниченно растворимые в воде.

*Нитрат натрия НН1.* Бесцветные кристаллы в виде  $\text{NaNO}_3$ . Не гигроскопичен, хорошо растворим в воде, при нагревании разлагается с выделением кислорода. Хлорид натрия ХН. Кристаллический порошок белого цвета, растворимый в воде. Применение в железобетоне ограничено, так как происходит интенсификация коррозии оборудования и арматуры в бетоне. Рекомендуемая дозировка – до 4 % от массы цемента. Тринатрийфосфат ТНФ. Продукт в виде плавленого и кристаллического  $\text{Li}_3\text{O}_4$ . Не гигроскопичен, хорошо растворим в воде, подогретой до температуры 30...40°C. Рекомендуемая дозировка добавки – 1,0...3,5 % от массы цемента.

*Алюминат натрия АН.* Продукт, применяемый в виде водного раствора, который можно приготовить на месте его использования. Раствор готовят на основе гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$  марок ГДО и ГДЕ (или спека алюмината натрия), едкого натра и воды путем варки порошкообразного  $\text{Al}(\text{OH})_3$  при температуре 105°C в водном растворе едкого натра плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup> при их отношении 1:2,8 по массе (из расчета 1 кг сухого  $\text{Al}(\text{OH})_3$  на 2 л водного раствора едкого натра). Рекомендуемая дозировка ~ до 3 % от массы цемента.

*Технический кристаллогидрат сульфата натрия (натрий сернокислый технический).* Отход, получаемый при получении аскорбиновой кислоты после выделения диацетонсорбозы. Продукт в виде кристаллического порошка. В конструкциях с закладными деталями и выпусками арматуры, защищенных цинковыми покрытиями, дозировка добавки не должна превышать 1 % от массы цемента. Не допускается использование в конструкциях, подвергающихся воздействию постоянных токов.

*Тиосульфат натрия ТН.* Отход производства хромовых соединений. Не слёживающиеся бесцветные кристаллы  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , хорошо растворимые в воде. Рекомендуемая дозировка — 1...3 % от массы цемента.

*Зеленый щелок ЗЩ.* Отход серийного производства, получаемый в результате регенерации щелоков после варки целлюлозы по сульфатному способу. Жидкость от светло-зеленого до темно-зеленого цвета. Используют как в качестве индивидуальной добавки, так и в комплексе с пластифицирующими (ЛСТ) и воздухо-вовлекающими (СНВ,ГКЖ-10 и другими). Оптимальная дозировка — 0,02...0,11 % массы цемента.

*Лигнопан Б-2.* Ускоритель твердения пластифицирующего действия на основе неорганических солей для бетонов и растворов. Продукт в виде водного раствора 30 % концентрации или порошка, легко растворимого в воде. Не содержит хлоридов, не вызывает коррозии бетона и арматуры. Дозировка - 0,6...1,5 %.

*Лигнопан Б-2Т.* Ускоритель твердения и пластификатор на основе неорганических солей для производства изделий на линиях безопалубочного формования. Порошок или водный раствор 30 % концентрации. Не содержит хлоридов, не вызывает коррозии бетона и арматуры. Дозировка - 0,6...1,5 %.

*Лигнопан Б-2У.* Ускоритель твердения с замедлением начала схватывания на основе неорганических солей. Порошок или водный раствор 30 % концентрации. Не содержит хлоридов, не вызывает коррозии бетона и арматуры. Дозировка — 0,8...1,5 %.

Действие добавок-ускорителей схватывания и твердения бетона заключается в активизации процесса гидратации цемента, приводящей к ускоренному образованию гелей, которые захватывают в свои ячейки большое количество жидкой фазы и вследствие этого вызывают быстрое схватывание и последующее интенсивное упрочнение цементного камня. По механизму действия добавки-ускорители разделяют на два класса.

Добавки электролитов первого класса (ХК, НК, НКК, НКХК), содержащие одноименные с вяжущими веществами кальций ионы,

повышают их растворимость и ускоряют процессы гидратации и твердения преимущественно на ранней стадии, интенсифицируя образование трехмерных зародышей новой фазы и увеличивая дисперсность продуктов гидратации. Перспективно использование в бетоне трехкомпонентной добавки ННХК, так как при этом быстрее, чем при введении однокомпонентной добавки ХК, выкристаллизовывается гидрохлоралюминат кальция (ГХАК), выполняющий микроармирующие и колюматирующие функции и обеспечивающий более полное использование потенциальных возможностей заложенных в алите. Ускоренный вывод из жидкой фазы агрессивных хлорид ионов делает эту добавку менее опасной для коррозии арматуры. Кроме этого, нитрит и нитрат кальция, увеличивая на продолжительный срок ионную силу поровой жидкости, обеспечивают ускорение гидратации силикатных фаз цемента. В результате повышается не только прочность бетона, особенно ранняя, но и его непроницаемость. Благодаря сильным ингибирующим свойствам, нитрит кальция в течение всего срока нахождения в поровой жидкости тормозит коррозию арматуры, причем, высокая плотность и непроницаемость цементного камня служат гарантией того, что нитрит кальция продолжительное время не будет удален из жидкой фазы.

Добавки электролитов второго класса (П, СН, ХН, НН1, ТН, ТНФ, ЗЩ и другие), реагируя с минеральными вяжущими материалами, образуют труднорастворимые или малодиссоциированные комплексные соединения. По характеру реакций с составляющими цемента и продуктами их гидратации эти добавки разделены на две группы: вступающие в реакции присоединения и участвующие, в основном, в обменных реакциях. Соли кальция, относящиеся к добавкам первого класса, по механизму их действия могут быть отнесены и к добавкам второго класса.

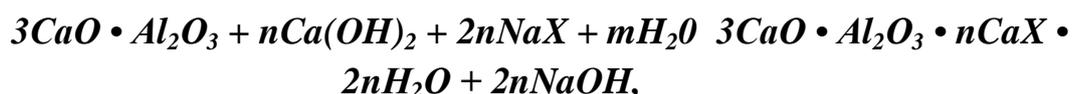


и



где X- однозарядный анион (Cl, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COO и т.д.)

При взаимодействии добавок второго класса с клинкерными минералами в основном получают двойные соли-гидраты. Соли натрия и калия, при условии поступления в жидкую фазу гидроксида кальция, в результате реакции присоединения образуют наряду с основным продуктом и побочный - щелочь:



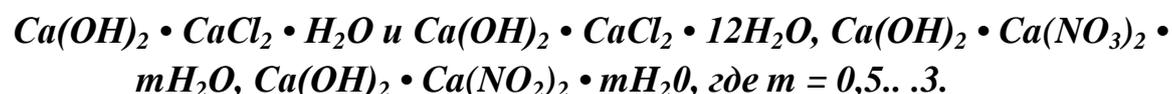
где n = 1 или 3;

m = 10... 12 или 14...31;

X- однозарядный анион (Cl-, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>COO и т.д.)

или 0,5 двухзарядного аниона (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub>)

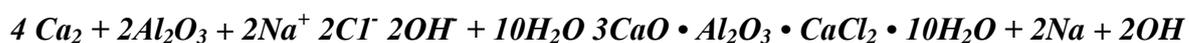
В зависимости от X-аниона двойные соли называются: гидрохлоралюминат кальция (ГХАК), гидронитроалюминат кальция (ГНАК), гидронитроалюминат кальция (ГНиАК) и т. п. В реакциях присоединения может участвовать, кроме добавки, гидроксид кальция, поставляемый за счет гидратации алита. При этом в зависимости от концентрации добавки и температуры выкристаллизовываются гидроксисоли, такие как гидроксиды, гидроксинитраты и гидроксинитриты кальция разной основности и другие:



В результате реакций присоединения составляющих цемента и добавок второго класса наблюдается повышение прочности структур твердения и непроницаемости бетона. Это, главным образом, обусловлено тем, что в соответствии с механизмом действия добавок, происходит быстрое образование первичного структурного каркаса из двойных солей гидратов и

гидроксисолей, обрастающего затем гидросиликатами кальция. Наличие структурного каркаса облегчает выкристаллизовывание на матричной фазе из двойных солей основных – силикатных составляющих цементного камня, что способствует повышению прочности материала.

Для добавок второй группы, вступающих с вяжущими веществами в обменные реакции, характерно то, что во взаимодействие с алюминий-содержащими фазами цемента в присутствии гидроксида кальция (выделяющегося в процессе гидролиза трех кальциевого силиката) вступают только их анионы, тогда как катионы сохраняются в поровой жидкости. Ниже представлено уравнение реакции в ионной форме на примере хлорида натрия:



Действие добавок, участвующих в обменных реакциях, многообразно. В их присутствии возрастает, удельная поверхность цементного камня и уменьшается средний размер пор. Одновременно с развитием микропористой структуры происходит более интенсивное связывание влаги адсорбционными силами. Количество адсорбционно-связанной влаги в присутствии добавок увеличивается в 1,1..1,3 раза в зависимости от вида и концентрации добавки.

Результаты исследований подтвердили, что ускорители твердения (добавки первых двух классов) положительно влияют на структуру цементного камня на всех уровнях: они увеличивают объём микропор и уменьшают объём макропор при незначительном изменении общей пористости.

#### Добавки зарубежных производителей:

Аддимент БЕ 2 (Addiment BE 2). Сверхсильный ускоритель схватывания и твердения, применяемый при торкретировании бетона или ремонтных работах. Добавка в виде порошка. Рекомендуемая дозировка — 2,0...4,5 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Аддимент БЕ 5 (Addiment BE 5). Ускоритель схватывания и твердения, применяемый для изготовления бетонных изделий и для зимнего бетонирования. Добавка в виде порошка.

Рекомендуемая дозировка -1,0...2,1 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ). Аддимент БЕ 6 (Addiment BE 6). Жидкий ускоритель схватывания для ремонтных работах. Рекомендуемая дозировка - разбавление водой в зависимости от назначения в соотношении от 1:1 до 1:6. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Перамин А (Peramin A). Добавка-ускоритель в виде прозрачного раствора на основе тиоцианата; не содержит ионов хлора. Рекомендуемая дозировка - 0,3...0,7 % от массы цемента. Производитель: ООО «Уралпласт». Сементол Омега П (Cementol Omega P). Добавка-ускоритель для бетонных и растворных смесей. Рекомендуемая дозировка - 1,0...2,5 % от массы цемента. Производитель: ТКК (Словения) Тиксокрет П (Tiksocret P). Сверхсильный ускоритель схватывания для торкрет-бетона.

Порошковая смесь на основе неорганических соединений; не содержит ионов хлора. Добавку вводят в сухую смесь цемента и песка. Рекомендуемая дозировка - 2,0...4,0 % от массы цемента. Производитель: ТКК (Словения).

Карбонат лития. Добавка-ускоритель на основе карбоната лития. Белый тонкодисперсный порошок без запаха; используется для бетонных и растворных смесей на высокоалюминатном цементе. Производитель: фирма Bang & Bonsomer концерна МАПЕИ (Италия).

### **3.3. Добавки-замедлители схватывания и твердения**

Для обеспечения монолитности возводимых конструкций желательно бетонировать их непрерывно. Однако это возможно при незначительных объемах работ и для строительства сравнительно простых конструкций. Во всех остальных случаях трудно избежать перерывов в бетонировании

конструкций и, поэтому на строительных площадках вынуждены прибегать к устройству, так называемых, «рабочих швов».

Рабочие швы – ослабленное место, поэтому они должны устраиваться в сечениях, где стыки старого и нового бетона не могут отрицательно влиять на прочность конструкции.

Их устройство связано с определенными трудностями и дополнительной затратой рабочего времени, так как для надежного сцепления нового бетона со старым необходимо тщательно обрабатывать поверхность ранее уложенного бетона. Для этого следует кромку схватившегося бетона очищать от цементной пленки, обнажать крупный заполнитель, продувая сжатым воздухом и промывая струей воды либо протирая проволочными щетками. Всего этого комплекса работ можно избежать, если вести бетонирование непрерывно или с такими перерывами, в течение которых процесс схватывания ранее уложенной смеси еще не начинается.

Одним из возможных технологических решений в таких случаях может служить введение в бетонную смесь замедлителей схватывания и твердения бетона. Такой прием должен осуществляться с учетом графика бетонных работ и подачи бетонной смеси к месту бетонирования.

Другое важное направление использования добавок-замедлителей схватывания связано с необходимостью транспортирования бетонной смеси на значительные расстояния, а также сохранения технологических свойств смесей в случае возникновения в производстве бетонных работ технологических перерывов.

В производстве сборных бетонных и железобетонных изделий добавки-замедлители схватывания применяют при изготовлении наружных стеновых панелей для вскрытия поверхностного слоя и обнажения декоративного заполнителя после ускоренного твердения.

Механизм действия добавок-замедлителей схватывания и твердения бетона заключается в торможении процессов гидратации и гидролиза

клинкерных минералов, т. е. обуславливает замедленное выделение свободной извести в раствор и замедляет процессы коагуляции и сближения зерен цемента и его гидратных новообразований.

Вследствие этого интенсивность схватывания затворенных водой клинкерных цементов замедляется.

Схватывание цементного теста может быть замедлено и в результате действия добавок, которые не препятствуя гидратации и гидролизу клинкерных минералов, быстро связывают свободную известь, выделяющуюся из  $C_3S$ .

Замедление процессов схватывания вызывается также влиянием отдельных электролитов, которые, в зависимости от их содержания в цементном тесте, могут препятствовать коагуляции коллоидного раствора и гидратных новообразований. По требованиям надежности добавки, замедляющие схватывание, должны увеличивать время потери подвижности смеси от исходного значения до 2 см в 2 раза и более (при температуре окружающего воздуха  $(20\pm 2)$  °С).

Для добавок, замедляющих твердение бетона и раствора, критерием служит снижение прочности бетона на 30 % и более в возрасте до 7 суток. При этом в проектном возрасте через 28 суток прочность бетона увеличивается, а проницаемость - снижается. Строительная практика располагает определенным опытом по применению следующих видов добавок-замедлителей схватывания и твердения бетонных и растворных смесей.

Нитрилотриметиленфосфоровая кислота НТФ. Белый кристаллический порошок, легко растворимый в воде и нерастворимый в органических растворителях. При передозировке возможно снижение прочности бетона и раствора. Добавка эффективна для всех видов цемента, в том числе и для высокоалюминатных. Обладает пластифицирующим действием, не вызывает коррозии арматуры в железобетоне. Рекомендуемая дозировка— 0,02...0,15 % от массы цемента.

РСБ-500 (ИСБ-500). Добавка-замедлитель для монолитного строительства. Маточные растворы производства нитрилотриметиленфосфоровой кислоты. Не содержит веществ, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка – 0,02...0,15 % от массы цемента.

Кормовая сахарная патока (меласса) КП. Продукт, являющийся отходом сахарной промышленности, в виде густой вязкой жидкости темно-коричневого цвета, хорошо растворимой в воде. Наблюдается замедленный набор прочности бетона и раствора в возрасте до 7 суток. Обладает пластифицирующим действием и не рекомендуется применять для сборного железобетона. Дозировка - 0,05...0,3 % от массы вяжущего.

Молочная сыворотка. Отход производства молочной промышленности, представляющий собой желтоватую жидкость в состав которой входят молочный сахар, жир, белок.

Особенно сильное замедляющее действие - при введении сыворотки непосредственно в строительный раствор или бетонную смесь. Обладает пластифицирующим действием.

Оптимальное количество добавки — 1,5...3 % от массы цемента (в пересчете на сухое вещество - 0,1 ...0,2 %).

Добавки зарубежных производителей:

Аддимент ВЗ 2 (Addiment VZ 2). Добавка-замедлитель с пластифицирующим действием для монолитного строительства. Не содержит веществ, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка - 0,2...0,7 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Аддимент ВЗ 6 (Addiment VZ 6). Добавка - сильный замедлитель для растворов, легких и пенобетонов. Рекомендуемая дозировка — 0,2...1,7 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Перамин Р (Peramin R). Добавка-замедлитель в виде прозрачного раствора на основе фосфатов. Рекомендуемая дозировка – 0,2...1,0 % массы цемента. Производитель: ООО «Уралпласт».

Поззолит 100-ИксР (Pozzolith 100-XR). Добавка-замедлитель с пластифицирующим действием. Жидкость от коричневого до черного цвета. Рекомендуемая дозировка – 0,2...0,3 % от массы цемента. Производитель: Люберецкий комбинат СМиК.

Сементол Ретард (Cementol Retarde). Замедлитель с пластифицирующим действием для бетонных и растворных смесей, который предварительно смешивают с водой и добавляют в сухую смесь. Рекомендуемая дозировка — 0,2...0,8 % от массы цемента. Производитель: ТКК (Словения).

Зика Ретард (Sika Retarder). Высокоэффективный замедлитель схватывания на основе модифицированных фосфатов. Совместим со всеми видами портландцемента, включая шлакопортландцемент. Желтовато-коричневая жидкость плотностью 1,13 кг/м<sup>3</sup>. Продукт не содержит хлоридов. Рекомендуемая дозировка – 0,2...2,0 % от массы цемента. Производитель: Sika (Швейцария).

Глюконат натрия. Соль натрия глюконовой кислоты, полученная из глюкозы путем ферментации. Обладает пластифицирующим и водоудерживающим действием. Мелкокристаллический порошок или гранулят от белого до коричневого цвета, полностью биоразлагаем, хорошо растворим в воде. Рекомендуемая дозировка - 0,05...0,25 % от массы цемента. Производитель: Bang & Bonsomer концерна МАПЕИ (Италия).

Кроме указанных в качестве добавок-замедлителей схватывания бетонных смесей и твердения бетона могут быть использованы средне и слабопластифицирующие добавки повышенной концентрации, например, ЛСТ, УПБ, а также кремнийорганическая жидкость 113-63 (бывш. ФЭС-66), этил-гидридсесквиоксан ПГЭН, гексаметафосфат, клей животный (костный, мездровый), крахмал, декстрин и другие.

Влияние перечисленных добавок на прочность и долговечность бетона, зависящее от кинетики формирования в их присутствии структуры цементного камня и от их участия в химических реакциях, не может быть

предсказано априори. Поэтому, содержание добавок в бетонах или растворах устанавливается экспериментально с одновременной проверкой прочности при сжатии в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

### **3.4. Пластифицирующие добавки**

В зависимости от пластифицирующего эффекта добавки подразделяются на следующие виды:

- суперпластификаторы (I группа пластифицирующих добавок) повышают подвижность бетонных смесей от П1 до П5 (от 2...4 см до 21...25 см) без снижения прочности бетона во все сроки испытания:

- сильнопластифицирующие (II группа пластифицирующих добавок), повышающие подвижность смесей от П1 до П4 (от 2...4 см до 16...20 см) без снижения прочности бетона;

- среднепластифицирующие (III группа пластифицирующих добавок) повышают подвижность смесей от П1 до П3 (от 2...4 см до 10... 15 см) без снижения прочности бетона;

- слабопластифицирующие (IV группа пластифицирующих добавок) увеличивают подвижность бетонной смеси от П1 до П2 (от 2...4 см до 5...9 см) без снижения прочности бетона.

На строительном рынке в настоящее время представлены следующие виды пластифицирующих добавок, выпускаемых как отечественными, так и зарубежными производителями.

**I группа.** Разжижитель С-3. Добавка на основе натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфоокислоты и формальдегида. Жидкость темно-коричневого цвета или неслеживающийся порошок, хорошо растворимый в воде.

Разжижитель СМФ (модификация разжижителя С-3). Смесь полимерных соединений разной молекулярной массы, получаемая при конденсации сульфокислот нафталина и П-фенолсульфоокислоты с

формальдегидом, нейтрализованная едким натром. Водный раствор коричневого цвета.

Дофен ДФ. Продукт поликонденсации сульфокислот нафталина, его производных и аналогов с формальдегидом с использованием моечных кислот – отходов производства очищенных сортов нафталина. Жидкость темно-коричневого цвета.

Суперпластификатор 10-03. Олигомерный продукт поликонденсации сульфированного триметилломеламина. Прозрачная, слегка желтоватая жидкость.

Суперпластификатор НКНС 40-03. Добавка представляет собой смесь натриевых солей продуктов поликонденсации с формальдегидом сульфированных ароматических углеводов, выделяемых при каталитическом крекинге и пиролизе нефтепродуктов. Водный 20% раствор без цвета и запаха.

Меламинформальдегидная анионоактивная смола марки МФ-АР. Продукт поликонденсации меламина, формальдегида и сульфанилата натрия. Прозрачная желтоватая жидкость. Не допускается разогрев острым паром.

**II группа.** Аплассан АПЛ. Продукт переработки сульфатсодержащих отходов акрилатных производств. Жидкость темно-коричневого цвета. Имеет слабощелочную реакцию. По своему действию — пластификатор-стабилизатор. Бетонная смесь обладает значительной тиксотропией и повышенной удобоукладываемостью при вибрационном воздействии. При передозировке возможно замедление темпа твердения.

Лигнопан Б-3. Продукт из фракционированных лигносульфонатов, неорганических солей простых эфиров целлюлозы и сополимеров акрилового ряда. Обладает стабилизирующим эффектом, уменьшая растворо - и водоотделение.

Лигноссульфонат технический модифицированный ЛСТМ-2. Продукт взаимодействия технических лигносульфонатов натрия и водорастворимой карбамидной смолы. Вязкая темно-коричневая или темно-желтая жидкость

хорошо растворимая в воде. Модифицированные лигносульфонаты ЛТМ: ХДСК-1 - модификация механохимической обработкой щелочью; ХДСК-3 - то же с введением полиэтиленгликолей;

МТС-1 - введение высших жирных спиртов или отходов их производства; НИЛ-20 - обработка цементной суспензией; НИЛ-21 - введение пеногасителей пропинола; МЛС - конденсация с формальдегидом;

ОКЗИЛ (хромлигносульфонаты кальция) - обработка бихроматами в кислой среде; КБМ - фракционирование лигносульфонатов гидроксидом кальция с последующей обработкой содой; ЛСТ-МЩ-1 - добавление отработанного моносulfитного щелока; КОД-С - добавление соапстока.

**III группа.** Лигносульфонаты технические ЛСТ. Продукт, образующийся при переработке древесины в процессе получения пищевых или кормовых дрожжей. Вязкая жидкость темно-коричневого цвета, хорошо растворимая в воде. Плав дикарбоновых кислот ПДК. Смесь адипиновой, глутаровой и янтарной кислот, отход производства адипиновой кислоты. Плав от темно-зеленого до темно-серого цвета. Хорошо растворяется в воде. Водорастворимый препарат С-1. Продукт поликонденсации салициловой кислоты, формальдегида и моно-этаноламина. Темно-коричневая жидкость с резким запахом. Обладает очень низкой воздухововлекающей способностью и выраженным ингибирующим действием.

Водорастворимые препараты ВРП-1 и ВРП-Э50. Смесь натриевых солей продуктов конденсации салициловой кислоты с формальдегидом. Густые жидкости светло-коричневого цвета, не замерзают до  $-60^{\circ}\text{C}$ . Лигнопан Б-1. Высокоактивный пластификатор на основе лигносульфонатов, эфиров целлюлозы и сополимеров акрилового ряда для бетонов и растворов. Темно-коричневый раствор 30 % концентрации или порошок, легко растворимый в воде.

Пластификатор 20-03. Обработанный отход акрилатных производств. Жидкость коричневого цвета с резким запахом.

Мелассная упаренная последрождевая барда УПБ. Смесь гумусовых веществ и минеральных солей, отход производства при изготовлении кормовых дрожжей. Густая сиропообразная темно-коричневая жидкость с запахом жженого сахара.

Монолит М-1. Смесь сульфированных фенолоформальдегидных олигомеров. Жидкость от желтого до темно-коричневого цвета.

Полисопряженный полимерный фенол ППФ. Полисопряженный фенол, получаемый окислением фенола перекисью водорода в присутствии катализатора. Темно-коричневый порошок, хорошо растворимый в водно-щелочных растворах и полярных растворителях.

Добавка на основе галитовых отходов ЛМГ. Продукт обработки лигносульфонатов технических галитовым отходом производства хлористого кальция и фотореагентом спиртовой фракции капролактама. Добавка в виде жидкости темно-коричневого цвета (ЛМГ-Ж) или порошка от светло- до темно-коричневого цвета (ЛМГ-П). Не допускается применение в предварительно-напряженных железобетонных конструкциях, а также в конструкциях, армированных высокопрочными арматурными сталями.

Фильтрат-цитрат кальция ФЦК. Многокомпонентный отход производства лимонной кислоты. Продукт в виде раствора, содержащий почти все несахара мелассы, в т. ч. различные аминокислоты, органические кислоты, беталин, соли калия и другие.

Нуактивные белковые отходы (белковый отстой). Отход производства пива, представляющий разбавленную суспензию коагулированного белка коричневого цвета. Для перевода суспензии в водорастворимое состояние её перед смешиванием с водой необходимо нагреть при температуре 60...70 °С в 4 %-м растворе NaOH в течение 2 ч. Формиатно-спиртовой пластификатор ПФС. Побочный продукт производства пентаэритрита, представляющий собой водный раствор формиата натрия, сиропообразующих веществ, полиспиртов (монопентаэритрита и полипентаэритритов) и небольшого

количества солей азотнокислого кальция и натрия. Темно-коричневая жидкость с осадком в виде мелкой взвеси.

Ацетоноформальдегидная смола АЦФ-3М. Продукт поликонденсации ацетона с формальдегидом в присутствии щелочного катализатора. Раствор концентрацией свыше 65 %. Эффективность добавки в бетоне возрастает при использовании шлакопортландцемента. Рекомендуемая дозировка — 0,05...0,2 % от массы вяжущего.

*IV группа.* Нейтрализованный черный контакт НЧК. Добавка на основе натриевых или кальциевых солей сульфокислот. Жидкость темно-коричневого цвета.

Черный нейтрализованный рафинированный контакт КЧНР. Продукт, представляющий водный раствор нейтрализованного кислого гудрона. Жидкость темно-коричневого цвета.

Этилсиликонат натрия ГКЖ-10 и метилсиликонат натрия ГКЖ-11. Прозрачные жидкости от бледно-желтого до коричневого цвета.

Черный сульфатный щелок ЧСЩ. Побочный продукт производства целлюлозы, представляющий водный раствор сложной смеси органических и неорганических веществ.

Мылонафт М-1. Продукт (натриевые соли органических карбонатных и нафтеновых кислот) извлекаемый из отходов образующихся при щелочной очистке керосиновых, соляровых дистилятов нефти.

Синтетическая пластифицирующая добавка СПДФ. Отход нефтехимических производств, представляющий собой водный раствор натриевых солей сульфоароматических кислот.

Модифицированная синтетическая поверхностно-активная добавка СПД-М. Водный раствор смеси натриевых солей высших жирных и алкилнафтеновых кислот и неомыленных веществ. Жидкость красно-коричневого цвета.

Пластификатор адипиновый щелочной - ПАЩ. Добавка на основе натриевых солей моно- и дикарбоновых кислот, циклогексанола и циклогексанона. Жидкость коричневого цвета.

Подмыленный щелок - ПМЩ. Жидкость темно-коричневого цвета с характерным запахом мыла, содержащая натриевые соли жирных кислот, едкий натр и соду.

Смола омыленная водорастворимая - ВЛХК. Продукт омыления щелочью обесфеноленной растворимой смолы из сточных вод. Смесь солей производных абиетиновой кислоты. Сметанообразная масса темно-вишневого цвета.

Понизитель вязкости фенольный лесохимический - ПФЛХ. Подвижная жидкость от темно-коричневого до черного цвета.

Лесохимическая добавка - ЛХД. Вязкая жидкость черного цвета, получаемая нейтрализацией смолистого кислого концентрата растворами NaOH и Ca(OH)<sub>2</sub>.

Щелочной сток производства капролактама - ЩСПК. Побочный продукт производства капролактама, представляющий водный раствор натриевых солей кислых побочных продуктов воздушного окисления циклогексана. Жидкость от коричневого до темно-коричневого цвета.

Модифицированный щелочной сток производства капролактама - ЩСПК-М2. Водный раствор натриевых солей кислых побочных продуктов воздушного окисления циклогексана, модифицированный каустической или кальцинированной содой. Жидкость от коричневого до темно-коричневого цвета, непрозрачная, без механических примесей.

**Добавки зарубежных производителей:**

Агипласт (Agiplast). Продукт на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Rhona (Франция).

Изола ФМ-86 (Izola FM-86). Добавка на основе сульфированных меламиноформальдегидных смол. Производитель: Izola Bachemie (ФРГ).

Конпласт М1 (Conplast M1). Добавка на основе сульфированных меламиноформальдегидных смол. Производитель: Chemical Building Products (Великобритания).

Кормикс (Cormix). Добавка на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Rhodia (Великобритания).

Кризо Флюид (Chriso fluid). Продукт на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Chriso (Франция).

Ломар Д (Lomar D). Добавка на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Diamond Shamrock (США).

Мелмент (Melment L10, Melment F). Добавка на основе сульфированных меламиноформальдегидных смол. Производитель: Hoechst Chemie, SKW (ФРГ).

Майти (Mighty). Добавка на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Cao Soar (Япония).

Перамин Ф (Peramin F) - прозрачный водный раствор сульфоната меламина, Перамин ФП (Peramin FP) – белый порошок сульфоната меламина и Перамин ФС (Peramin FS) - янтарного цвета водный раствор модифицированного сульфоната меламина. Производитель: ООО «Уралпласт».

Протард (Protard). Добавка на основе производных оксикарбоновых кислот. Производитель: Protex Industries (США).

РЕОБИЛД 2000 (RHEOBUILD 2000). Жидкий гиперпластификатор, не содержащий хлора, разработан для высококачественного бетона с расходом цемента не менее 400 кг/м<sup>3</sup>. Водорастворимая добавка на основе сульфонатных полимеров с различным молекулярным весом. Производитель: «Люберецкий комбинат СМиК».

Флюоимакс (Fluimax). Добавка на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Maxfer (Италия).

Флюкс 1 (Flux 1). Порошковый продукт на основе акрилового модифицированного полимера. Рекомендуемая дозировка - 0,2...0,4 % от массы цемента. Производитель: Vinavil S.p.A. группы MAPEI (Италия).

Силопласт Супер (Sealoplaz Super). Добавка на основе сульфированных меламиноформальдегидных смол. Производитель: Sealocrete Group (Великобритания).

ПСП (PSP). Добавка на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений. Производитель: Protex Industries (США).

Мелфлюкс 1641 F (Melflux 1641 F). Продукт на основе поликарбоксилата, получаемый путем распылительной сушки из раствора. Порошок желтоватого цвета. Производитель: SKW (ФРГ).

Мелфлюкс PP 100 Ф (Melflux PP 100 F). Добавка на основе полиэтиленгликоля. Порошок желтоватого цвета. Производитель: SKW (ФРГ).

Зикамент-ФФ (Sikament-FF). Добавка на основе сульфированных меламиноформальдегидных смол. Жидкость коричневого цвета, плотностью 1,23 кг/л. Рекомендуемая дозировка — 0,6...3,0% от массы цемента. Производитель: Sika (Швейцария).

Зика Вискокрит-20ШЕ (Sika ViskoCrete-20HE). Гиперпластификатор третьего поколения на основе модифицированных поликарбоксилатов. Продукт в виде коричневатой жидкости, плотностью 1,08 кг/л. Не содержит хлоридов или других веществ, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка — 0,2...1,4 % от массы цемента. Производитель: Sika (Швейцария).

Зика Вискокрит-3 (Sika ViskoCrete-3). Суперпластификатор третьего поколения на основе модифицированных поликарбоксилатов для бетонов и растворов. Продукт в виде зеленоватой жидкости, плотностью 1,09 кг/л. Не содержит хлоридов или других веществ, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка для высокоподвижного бетона - 0,4...1,2 %; для

самоуплотняющегося бетона 1,0...3,0 % от массы цемента. Производитель: Sika (Швейцария).

Вика Вискокрит-5 (Sika ViskoCrete-5). Суперпластификатор на основе модифицированных поликарбоксилатов для бетонов и растворов. Продукт в виде мутной жидкости, плотностью 1,1 кг/л. Не содержит хлоридов, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка для высокоподвижного бетона — 0,2...0,6 %; для самоуплотняющегося бетона 0,3...0,8 % от массы цемента. Производитель; Sika (Швейцария).

Зика Вискокрит-5-600/-5-800 (Sika ViskoCrete-5-600, Sika ViskoCrete-5-800). Суперпластификаторы на основе модифицированных поликарбоксилатов для бетонов и растворов. Продукты в виде мутной жидкости с коричневатым оттенком, плотностью 1,1 кг/л. Добавка не содержит хлоридов, вызывающих коррозию арматуры.

Рекомендуемая дозировка для высокоподвижного бетона — 0,2...0,6 %; для самоуплотняющегося бетона - 0,3...1,2 % от массы цемента. Производитель: Sika (Швейцария).

Аддимент ФМ 32 (Addiment FM 32). Суперпластификатор универсальный с длительным временем действия (до 90 мин). Продукт на основе поликарбоксилатов в виде жидкости коричневого цвета плотностью 1,14 кг/л.

Рекомендуемая дозировка — 0,2...0,6 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Аддимент ФМ 40 (Addiment FM 40). Суперпластификатор на основе поликарбоксилатов для самоуплотняющегося бетона. Продукт на основе поликарбоксилатов; коричневая жидкость плотностью 1,05 кг/л, не содержит хлоридов, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка — 0,2...2,5 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Аддимент ФМ 62 (Addiment FM 62). Суперпластификатор на основе поликарбоксилатов со стабилизирующим эффектом. Добавка не содержит

хлоридов, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка - 0,2...1,8% от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Бетокем ЛП (Betokem LP). Добавка на основе модифицированных и не содержащих Сахаров лигносульфонатов. Фирма-производитель: Betongkiemisk (Норвегия).

ВРДА (WRDA). Добавка на основе модифицированных и не содержащих Сахаров лигносульфонатов. Фирма-производитель: Grace (Великобритания).

Пластимент БВ40 (Plastiment BV40). Добавка на основе модифицированных и не содержащих Сахаров лигносульфонатов. Фирма-производитель: Sika (Франция).

ФН Ликвидат ВС (VN Liquiaat WS). Продукт на основе модифицированных лигносульфонатов, не содержащих Сахаров. Фирма-производитель: Woermann (ФРГ).

Аддимент БВ 3 (Addiment 3). Продукт в виде жидкости коричневого цвета с плотностью 1,12 кг/л; придает бетонам и растворам гидроизоляционные свойства. Не содержит веществ, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка - 0,2...0,55 % от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

### **3.5. Органоминеральные добавки**

Комплексные добавки, получаемые при объединении активных минеральных компонентов и органических модификаторов, называют органоминеральными добавками (ОМД).

Использование органоминеральных добавок в бетонах произвело революцию в строительном производстве. Бетоны, в состав которых могут включаться до 12 компонентов комплексных модификаторов, назвали бетонами нового поколения. Впервые концепция получения таких бетонов

была сформулирована в 1986 году, основными критериями которой являются:

- высокая прочность, включая раннюю прочность ( $R_{28} = 120$  МПа и выше,  $R_1$  – не менее 25...30 МПа); высокая морозостойкость (F400 и выше); высокая водонепроницаемость (W12 и выше); высокая химическая стойкость;

- высокое сопротивление истираемости (не более 0,4 г/см<sup>2</sup>); высокий модуль упругости;

- низкое водопоглощение (менее 2,5 % по массе); низкая адсорбционная способность бактерицидность и фунгицидность регулируемые показатели деформативности.

Технология бетонов нового поколения (называемых еще высококачественными, высоко-функциональными бетонами) основывается на принципах направленного структурообразования на всех этапах производства. Обязательным элементом технологии является введение в состав бетона реакционно-способных порошковых компонентов и высокоэффективных химических модификаторов.

Способ приготовления ОМД предусматривает затворение водными растворами ПАВ предварительно размолотого минерального компонента (или материала в тонкодисперсном состоянии) и дальнейшее высушивание при температуре 150...170 °С. Сушка осуществляется до остаточной влажности материала 1... 1,5 %. Полученная порошкообразная добавка легко формуется и поддается брикетированию. В таком виде ОМД легко складывается, транспортируется, дозируется и вводится в бетонную смесь не требуя дополнительных устройств в технологической цепи. Таким образом реализуется основной принцип физико-химической механики – поверхностная активация минерального наполнителя, способствующая повышению его поверхностной энергии. Присутствие ПАВ предотвращает агрегацию высокодисперсных частиц наполнителя и стабилизирует его свойства, а сам он становится носителем ПАВ. По аналогии с вяжущими

низкой водопотребности, органоминеральные добавки становятся более активными элементами в процессе структурообразования бетона, по сравнению с добавками, вводимыми в смесь отдельно.

В России реализация концепции высоко-функциональных бетонов оказалась возможной благодаря появлению на строительном рынке органоминеральных модификаторов серии «МБ». Минеральной составляющей таких модификаторов являются микрокремнезем и зола-унос, а химической — суперпластификаторы, регуляторы твердения и другие добавки в разных соотношениях. Благодаря синергизму действия, указанные ингредиенты в форме единых поликомпонентных продуктов более эффективны, чем те же материалы отдельно введенные в бетонную смесь.

Опыт применения высокопрочных модифицированных бетонов на стройках Москвы свидетельствует о надежности и значительном потенциале технологии производства бетонов с применением комплексных модификаторов МБ.

Модификаторы МБ представляют собой порошкообразные материалы насыпной плотностью 750...800 кг/м<sup>3</sup>, состоящие из гранул размером от 40 до 400 мкм. Каждая гранула является агрегатом из частиц активного микрокремнезема и золы-уноса, между которыми имеется твердая водорастворимая прослойка из суперпластификатора и регулятора твердения (фосфоро-органического комплекса), «склеивающая» минеральные частицы. Для повышения морозостойкости бетона в состав комплекса вводится кремнийорганическая эмульсия. Рекомендуемая дозировка: 10...20 % массы цемента.

Состав модификаторов серии МБ и характеристика бетонов на их основе представлены в табл. 9.

## Состав модификаторов серии МБ

**Таблица 9.**

Марка модификатора	Состав минеральной частицы, %		Класс бетона по прочнос-ти	Сопротивление бетона по проникнове-нию воздуха, см <sup>3</sup>	Марка по Водонепроницае-мости	Марка по морозо-стойкости
	Микро кремнезем	Зола унос				
<i>МБ 10-01</i>	100	-	<i>B35</i>	36,6	<i>W14</i>	<i>F1000</i>
			<i>B55</i>	58,3	<i>W16</i>	<i>F1000</i>
<i>МБ10-30С</i>	70	30	<i>B35</i>	36,8	<i>W14</i>	<i>F1000</i>
			<i>B55</i>	58,3	<i>W16</i>	<i>F1000</i>
<i>МБ10-50С</i>	50	50	<i>B35</i>	34,6	<i>W14</i>	<i>F1000</i>
			<i>B55</i>	57,0	<i>W16</i>	<i>F800</i>
<i>МБ10-100С</i>	10	90	<i>B25</i>	27,5	<i>W12</i>	<i>F600</i>

Эффективным модификатором бетонов является комплексная минерально-химическая добавка КМХ, применяемая для бетонов с высокими требованиями по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости. Эта добавка включает пористый тонкодисперсный минеральный компонент, различные виды пластификаторов, воздухововлекающие компоненты, акрилаты и эфиры целлюлозы. Водоредуцирующий и уплотняющий эффекты добавки позволяют получать бетоны марки по водонепроницаемости W6..W18; сочетание пластифицирующих и воздухововлекающих компонентов обеспечивает высокую морозостойкость бетона: F800...F1000. При условии получения малоподвижных смесей добавка может использоваться как ускоритель твердения. Модификатор КМХ не снижает защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре.

### 3.6. Полимерные добавки

Раствор и бетон, изготовленные на портландцементе, известны во всем мире в качестве строительного материала уже в течение 180 или более лет. Однако они имеют некоторые недостатки, такие как низкая долговечность. Одним из направлений для преодоления этих недостатков является использование полимерных добавок и создание модифицированного полимерами раствора или бетона.

Первый патент на применение полимерцемента был выдан Креосану в 1923 г. В последующие годы были созданы системы модифицированные такими синтетическими латексами, как каучук, полиакриловый эфир и т.д.

Основной механизм действия полимерных добавок в цементных системах заключается в том, что они образуют на поверхности зерен цемента, заполнителя, а также пор и капилляров тонкую пленку, обладающую хорошей адгезией и способствующая «склеиванию» заполнителя с цементным камнем, благодаря чему бетон становится монолитным, непроницаемым, морозостойким, прочным. Если подробно рассмотреть процесс образования пленки, то его можно разделить на три фазы. В первой фазе полимерные частицы диспергируются в фазе цементного теста. В таком полимерцементном тесте цементный гель постепенно образуется при гидратации цемента. В это время частицы полимера оседают на поверхности смеси цементного геля и непрореагированных частиц цемента, гидроксид кальция реагирует с кремнеземистой поверхностью заполнителей, в результате чего образуется слой силикатов кальция. Во второй фазе благодаря развитию структуры цементного геля частицы полимера постепенно сосредотачиваются в капиллярных порах. Так как гидратация цемента продолжается а количество капиллярной воды уменьшается, полимерные частицы коагулируют с образованием уплотненного слоя полимерных частиц на поверхности смесей цементного геля с непрореагировавшими частицами цемента. Одновременно они сцепляются с этими смесями и силикатным слоем над заполнителем и

большие поры заполняются полимерными частицами. В третьей фазе частички уплотненного полимера на продуктах гидратации цемента связываются в непрерывные пленки, образуется монолитная решетка, в которой полимерная фаза проникает через фазу указанных продуктов гидратации на структуру пор в полимерных системах оказывают влияние вид применяемого полимера и полимерцементное отношение. Модифицированные раствор и бетон нельзя укладывать при температуре - 5° и + 30 °С. Водоудерживающая способность несколько больше по сравнению с обычным цементом и зависит, в основном, от полимерцементного отношения. Сроки схватывания этих композиций несколько замедленно и зависят от вида полимера. Схватывание замедляется при увеличении полимерцементного отношения и при наличии ПАВ.

В зависимости от свойств используемых материалов, методов контроля, выдержки, прочность раствора и бетона при разрыве и изгибе значительно увеличивается, но прочность при сжатии у них не увеличивается.

Прочность модифицированных растворов и бетонов зависит от температуры окружающей среды, поскольку от нее зависит и прочность самих полимеров.

Большинство термопластичных полимеров имеет температуру изменения структуры при 80-100 °С, и модифицированные растворы теряют 50% или больше своей прочности при температуре выше 50 °С.

За счет снижения пористости растворы и бетоны имеют повышенную морозостойкость. Одним из недостатков модифицированных растворов является снижение сцепления при эксплуатации их во влажных условиях. Химическая стойкость модифицированных растворов и бетонов зависит от природы полимеров и полимерцементного отношения и свойств агрессивных химических веществ. В связи с тем, что большинство модифицированных растворов и бетонов содержат гидротированный цемент, который не

обладает стойкостью к действию неорганических и органических кислот, это свойство передается к модифицированным веществам.

В настоящее время резко возрастает применение в строительстве различных вяжущих веществ и бетонов с добавками мономерных и полимерных органических и кремнийорганических веществ, содержание которых колеблется от 5-10 % и более.

В твердении таких вяжущих веществ участвуют оба компонента – полимер и клинкерная часть вяжущего. В качестве добавок вводят: водные полимерные дисперсии – латексы; водорастворимые полимеры – фенолы, карбамиды и т.д.

Для предотвращения преждевременной коагуляции водных дисперсий полимеров прибегают к дополнительной стабилизации – введение стабилизаторов. Они бывают двух типов: поверхностно-активные вещества и вещества, образующие на поверхности частиц полимера защитные гидрофильные оболочки – коллоиды. К первым относятся белки, производные целлюлозы, ко вторым – гидраты и соли щелочных металлов.

Механизм формирования структуры полимерного камня происходит следующим образом: вначале идет обычный процесс гидратации и твердения неорганического вяжущего, затем по мере связывания воды в гидраты, а также испарения из смеси свободной воды происходит концентрация полимера в дисперсии и, ее постепенная коагуляция. Глобулы полимера слипаются в пластичные тонкие пленки. Последние заполняют капилляры, поры, микротрещины, «неплотности» цементного камня, упрочняя его и одновременно придают ему пластичность. Полимерцементные композиции наиболее интенсивно твердеют в воздушно-сухих условиях. Полимерцементные бетоны обладают высокими вязко-пластичными свойствами, их деформация при сжатии, растяжении, изгибе, ползучести выше деформации цементных бетонов. Полимерцементные композиции, получаемые на основе водорастворимых смол твердеют в воздушно-влажных условиях не увеличивают, а в некоторых случаях снижают усадку и

ползучесть, повышают прочность, растяжимость, трещиностойкость. На основе некоторых полимерных веществ (например, сульфинированная миламинформальдегидная смола) разработаны составы суперпластификаторов (СП), особенностью которых является снижение количества воды в смеси на 12-17 % и прекращение эффекта пластификации через 30-90 мин.

Наиболее распространенными добавками полимеров в цементные бетоны и растворы являются водорастворимые смолы, латексы и поливинилацетат.

Ранее уже упоминались полимерные добавки-уплотнители: водорастворимые эпоксидные смолы ДЭГ-1, ТЭГ-1 и полиаминная смола С-89, которые, полимеризуясь в щелочной среде, повышают эластичность цементно-песчаной матрицы и улучшают деформативные свойства бетона.

Широкое применение в качестве полимерных синтетических добавок для сухих строительных смесей на цементном вяжущем находят ретиспергируемые сополимерные порошки торговой марки Мовилит (Mowilith Pulver - производитель Clariant GmbH, Германия). Порошки производят методом распылительной сушки водных синтетических дисперсий на базе сополимеров винилацетата, этилена, акрилатов и версататов. Они содержат антикоагулянты и средство против слеживания. Порошки Мовилит хорошо диспергируются в воде. Благодаря им, строительные растворы, клеевые и шпатлевочные композиции отличаются хорошей эластичностью во время нанесения, повышенной адгезией к различным поверхностям, стойкостью к истиранию и высокой прочностью на изгиб.

Успешно применяются в композициях сухих строительных смесей полимерные водоудерживающие добавки (загустители) — сложные эфиры целлюлозы.

Метилцеллюлоза водорастворимая МЦ. Метилловый эфир целлюлозы. Продукт в виде волокнистого материала белого цвета с желтоватым оттенком. Выпускается несколько марок: МЦ-8, МЦ-16, МЦ-35, МЦ-65, МЦ-

100, МЦ-С, МЦ-В, МЦ-СБР, которые отличаются вязкостью 1 %-го водного раствора.

На-карбоксиметилцеллюлоза КМЦ. Эфир целлюлозы и гликолевой кислоты. Твердое волокнистое или порошкообразное вещество, обладающее слабой растворимостью в щелочном растворе. В воде набухает с сильным гелеобразованием.

Оксипропилметилцеллюлоза ОПМЦ. Эфир пропилен-гликоля и метил целлюлозы. Волокнистый или порошкообразный продукт с желтым оттенком. В зависимости от вязкости водного раствора делится на марки.

Этилоксиэтилцеллюлоза ЭОЦ. Эфир этилена и этилцеллюлозы. Хорошо растворима в холодной воде, обладает высокими адгезионными свойствами.

На строительном рынке представлены эфиры целлюлозы зарубежных производителей: метилгидроксиэтилцеллюлоза МГЭЦ Тилоза (Tylose — производство Clariant GmbH, Германия), метилгидроксипропилцеллюлоза МГПЦ Мецелоза (Macellose — производство Samsung Fine Chemicals, Корея).

Перечисленные водоудерживающие добавки, при их введении в незначительных количествах, позволяют эффективно регулировать консистенцию и реологические свойства смесей, устраняют расслоение и седиментацию, улучшают клеящую способность, повышают стабильность к температурным колебаниям.

Для повышения деформативных характеристик бетонов и растворов эффективно дисперсное армирование полимерными волокнами. Дисперсная арматура (фибра) используется во всех конструкциях, где необходимо предотвратить появление пластических усадочных трещин: для полов промышленных помещений, складов, теплых полов, стяжек, гидротехнических сооружений, в дорожном строительстве, в торкретбетоне, пенобетонных блоках. Фиброволокно также эффективно в строительных растворах, ремонтных составах, штукатурках и сухих смесях.

### Добавки зарубежных производителей.

Фиброволокно PB EUROFIBER. Полипропиленовое волокно, предназначенное для использования в цементных системах. Инертный материал, стойкий к кислотам, щелочам и солям. Высокая способность к перемешиванию обеспечивает равномерное распределение волокна в бетоне. Длина волокна в зависимости от марки: 6...20 мм.

Рекомендуемая дозировка: 0,5...1,5 кг/м<sup>3</sup>. Производитель: P.Bauhuter GmbH (Германия).

Сем Фил (Ctm-FIL Fibres). Стекловолоконистые фибры для армирования бетона, цементных растворов, мелкозернистого бетона. Производитель: концерн Saint Gobin.

Фибрин. Полипропиленовая фибра для армирования мелкозернистого бетона, цементных растворов. Производитель: концерн Saint Gobin.

Фиберфлекс (Fiberflex). Полипропиленовое волокно (белого или соломенного цвета), обработанное специальными добавками для сцепления с цементными системами и повышения стойкости к химическим и атмосферным веществам. Дозировка для обычных бетонов: 1 кг/м<sup>3</sup>, для специальных бетонов (торкрет-бетонов): 1,5 кг/м<sup>3</sup>. Производитель: концерн Saint Gobin.

Волокна целлюлозы TECHNOCEL. Армирующий компонент для сухих строительных смесей в виде волокон длиной от 20 до 2500 мкм, диаметром около 25 мкм. Нерастворимы в воде, кислотах и щелочах, органике. Дозировка: 0,1...2,0 % от массы компонентов смеси.: фирма CFF (Германия).

Кракстоп (Craçstop). Полипропиленовое волокно, обработанное специальными добавками ПАВ для диспергирования и сцепления с цементными системами. Волокна фибры имеют длину от 3 до 19 мм, диаметр 18 мкм. Высокая стойкость к кислотам и щелочам. Минимальная дозировка: 0,6 кг/м<sup>3</sup>. Производитель: фирма Bang&Bonsomer концерна МАПЕИ (Италия).

Кренит (Krenit). Полипропиленовое волокно, обработанное специальными добавками ПАВ для диспергирования и сцепления с цементными системами. Волокна фибры длиной 3...19 мм, диаметром 50 мкм, обладают высокой стойкостью к кислотам и щелочам. Дозировка: 0,9 кг/м<sup>3</sup>. Производитель: фирма Bang&Bonsomer концерна МАПЕИ (Италия).

### **3.7. Поризующие добавки**

Поризующие добавки - это вещества, способствующие целенаправленному образованию в теле бетона воздушных или других газообразных пор.

Поризующие добавки, которые в зависимости от основного эффекта действия подразделяются на воздухововлекающие, пено- и газообразующие, используются для производства легкого конструкционного, конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного бетона на пористых заполнителях, а также при изготовлении ячеистых бетонов.

Основное назначение поризующих добавок для легких бетонов — снижение средней плотности, но их введение может существенно влиять на технологию производства и свойства легковесных смесей. Оптимальное количество добавок необходимо согласовывать с требованиями надежности, представленными в таблице-10.

В ячеистых и поризованных бетонах общая пористость может достигать порядка 85 % - для ячеистых бетонов (при среднем размере пор 0,3 – 0,6 мм) и более 95 % - для полимерных газопластов и, в основном, зависит от размера пор, толщины оболочек, формы и способа укладки пор. принято считать структуру пор оптимальной при равномерном распределении пор в виде полидисперсных по размеру, замкнутых, деформированных в правильные многогранники с глянцевой поверхностью припорового слоя, разделенных тонкими, но плотными и одинаковыми по сечению межпоровыми перегородками.

## *Критерии эффективности поризующих для легких бетонов для легких бетонов*

**Таблица 1.**

Вид добавки	Требования надежности	Дополнительные эффекты
Воздухововлекающая	Требуемый объем вовлеченного воздуха в пределах от 6 до 15 % с получением слитной структуры бетона. Потеря вовлеченного воздуха после 30 мин выдержки не более 25 %. Отсутствие снижения прочности при одинаковой средней плотности бетона.	Снижение расслаиваемости и повышение удобоукладываемости бетонной смеси
Пенообразующая	Объем воздуха, введенного в смесь с заранее приготовленной пеной, должен быть в пределах от 10 до 25 %, с получением	то же
Газообразующая	Требуемый объем газа, образующегося в бетонной смеси за счет газообразования, от 15 до 25 %. Период активного газовыделения должен быть от 5 до 30 мин. Отсутствие снижения прочности при одинаковой средней плотности бетона.	то же

### **3.8. Воздухововлекающие добавки**

Воздухововлекающие добавки принадлежат к тому классу химических соединений, которые называются поверхностно-активными, разжижающие без водоотделения, регулирующие структуру твердеющих веществ.

Действие воздухововлекающих добавок состоит, в основном, в насыщении микропузырьками воздуха размером 0,015-0,030 мм, которые выполняют роль смазки и облегчают взаимное перемещение заполнителей.

Воздухововлекающий эффект добавок обеспечивается тем, что они вводятся в растворные или бетонные смеси в виде щелочного мыла (либо образуют в них мыло за счет нейтрализации гидрооксидов новообразований гидратирующего цемента), которые обладают пенообразующей способностью.

Эффективность воздухововлекающих добавок зависит от их поверхностной активности и пенообразующей способности, которая в свою очередь связана с поверхностным натяжением раствора, понижающимся с

увеличением концентрации добавки в растворе. Концентрация раствора, обеспечивающая максимальную стабильность пены, должна быть близкой к концентрации, при которой достигается адсорбционное насыщение на границе фазы «раствор-воздух». Для уменьшения размеров воздушных пузырьков эмульсии должно быть понижено поверхностное натяжение раствора, что достигается повышением в нем концентрации поверхностно-активного вещества. Стабилизация эмульсии воздуха достигается кальциевым мылом, фиксирующимся в адсорбционных оболочках воздушных пузырьков.

К ним относятся вещества, молекулы которых адсорбируются на границе воздух-вода или твердое тело-вода, способствуют вовлечению мелкодисперсного песка в бетонную смесь при его перемешивании с водой.

По химической природе эти добавки классифицируются следующим образом: 1-микropенообразующие (СНВ), абистат натрия (СПД), синтетическая добавка; 2-мылонафт, асидол, асидол-мылонафт – соли нефтяных кислот; 3-соли лигносульфоновых кислот; 4 – соли, получаемые из протеинов; 5 – соли органических сульфокислот; 6 – соли, получаемые из древесной смолы.

В США производят воздухововлекающие добавки с такими активными компонентами, как нейтрализованная винсолевая смола, жирные аминокислоты, амиды кокосовой смолы. Добавки вводят вместе с водой затворения. Допустимая доза добавки 0,3-1 мл на 1 кг цемента или 0,01-0,2% от массы вяжущего, чем вводят при помеле клинкера с гипсом на производстве цемента. Срок хранения всех добавок не более 1 год, при этом они не токсичны.

### **3.9. Влияние поризующих добавок на процессы гидратации цемента и их продуктов**

Эти добавки не оказывают столь существенного влияния на кинетику гидратации цемента, и на состав продуктов гидратации. Вовлечение воздуха на стадии перемешивания происходит как бы в два процесса. Один из них заключается в захвате воздуха при перемешивании. Вторым, в котором участвует наполнитель, носит название пространственного заслона, который нужен для захвата и фиксации пузырьков воздуха при всевозможных перемещениях бетонной смеси в процессе перемешивания.

Необходимо помнить, что многие воздухововлекаемые добавки представляют собой смесь поверхностно-активных веществ, одна часть которых связывается в труднорастворимые соединения, другая остается в жидкой фазе и снижает поверхностное натяжение.

После введения воды частицы цемента быстро покрываются экранирующими их продуктами гидратации, которые обеспечивают из гидросиликатов кальция эти пленки из-за малой проницаемости для воды, способствующие появлению индукционного периода для гидратации цемента, который соответствует времени от начала схватывания и до закрепления системы воздушных пузырьков в бетонной смеси. После образования системы воздушных пузырьков происходят дальнейшие процессы, которые влияют на окончательное формирование поровой структуры в затвердевшем бетоне. Эти процессы состоят из растворения пузырьков воздуха и их диффузионного переноса.

Общее количество воздуха в бетоне – не самая важная характеристика для оценки его долговечности, но единственная из возможных для бетонной смеси, чем ниже «фактор расстояния» между пузырьками, тем выше долговечность бетона. С увеличением количества вводимой добавки, увеличивается количество вовлеченного воздуха в бетоне, но не существует

строгого соотношения между количеством вводимой добавки и воздухововлечения, одни добавки могут быть эффективными, другие менее.

С повышением максимальных размеров заполнителя содержание воздуха в бетоне снижается, а мелкие заполнители способствуют воздухововлечению благодаря тому, что служат «ловушкой» для воздуха и удерживают его. Чем больше содержания песка в общем количестве заполнителя, тем выше содержание воздуха в бетонной смеси, но при этом необходимо учитывать эффект размера и гранулометрического состава частиц песка. Чем выше температура бетонной смеси, тем меньше в ней воздуха, если водоцементное отношение изменяют таким образом, чтобы сохранить неизменную осадку конуса.

Так как лигносульфонатные соли обладают некоторым воздухововлечением, введение добавок требуется уменьшить, а хлоридосодержащие добавки следует вводить отдельно от воздухововлекающих добавок. Химический состав цемента также влияет на введение этих добавок. Например, цемент с высоким содержанием щелочей легче вовлекают воздух, чем с низким. На условия перемешивания и вибрации бетонной смеси влияет вид и количество вводимой добавки. С увеличением интенсивности перемешивания смеси растет и содержание в ней воздуха, которое может превысить допустимое его количество, а вибрация снижает содержание воздуха, поскольку при этом возможно слияние крупных пузырьков.

Воздухововлечение повышает подвижность смеси, улучшает технологичность, удобообрабатываемость, уменьшает опасность водоотделения и расслоения.

Воздухововлечение не влияет на сроки схватывания цементов в бетонной смеси, но изменяет истинную плотность бетона, повышает его морозостойкость, улучшает сульфатостойкость вследствие уменьшения водоцементного отношения и проницаемости.

***К воздухововлекающим добавкам относятся следующие:***

Смола нейтрализованная воздухововлекающая СНВ, СНВК. Продукт на основе натриевых солей абиетиновой смолы. Порошок темно-коричневого цвета, медленно растворимый в воде.

Смола древесная омыленная - СДО. Пастообразный продукт на основе натриевой соли абиетиновой смолы, получаемый омылением древесной смолы щелочью.

Клей таловый пековый - КТП. Смесь производных смоляных и жирных кислот, образующихся при выделении талового масла из сульфатного лигнина. Продукт коричневого цвета, хорошо растворимый в воде. Омыленный таловый пек - ОТП. Продукт из натриевых солей смоляных и жирных кислот с общей щелочностью 3...10 %. Порошок добавки имеет температуру размягчения около 70 °С.

Омыленный древесный пек - ЦНИПС-1. Пастообразный продукт, получаемый нейтрализацией жирных кислот древесного пека едким натром.

Вспомогательный препарат - ОП. Пастообразный продукт белого цвета, получаемый обработкой моно-диалкилфенолов окисью этилена, либо маслообразная жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета. Растворим в воде.

Микропенообразователь - БС. Продукт, представляющий собой нейтрализованные едким натром или едким калием жирные кислоты растительного происхождения, содержащие белки и углеводы, белковые отходы мясокомбинатов, отходы кожевенного и клееварочного производства также могут быть использованы для изготовления добавки.

Микропенообразователь - ОС. Паста черного цвета, представляющая собой отходы соапстока, образующиеся на мыловаренных заводах и содержащие 10... 15 % по массе омыленных жиров.

Канифольное мыло - КМ. Мазеобразная паста от темно-коричневого до светло-желтого цвета, получаемая при обработке канифоли водным

раствором едкого натра или кальцинированной соды и состоящая, в основном, из натриевых солей.

При этом в качестве стабилизаторов пены используются добавки животного клея, растворимого стекла, КМЦ-4, ТНФ.

Газообразующие добавки – это вещества, способные выделять газ в результате их химического взаимодействия с продуктами гидратации цемента.

При производстве ячеистых газобетонов поризация основана на образовании в тесте вязущих газовых пузырьков, создающих ячеистую структуру цементного или известково-силикатного теста. Процесс вспучивания основывается на совпадении периода наибольшего газообразования с вязко-пластичным состоянием бетонной смеси, т. е. момента, когда смесь свободно деформируется под действием выделяющегося газа, но удерживает его в себе.

Источником газообразования является свободный водород, который образуется в результате химического взаимодействия газообразующих добавок (порошки алюминия, магния, цинка и др.) с гидроксидом кальция, выделяющимся при гидролизе трехкальциевого силиката.

Высокодисперсный порошок алюминия окисляется и превращается в гидроалюминат кальция с выделением молекулярного водорода:



К газообразующим добавкам, применяемым в производстве газобетона и для поризации строительных растворов и бетонов, относятся следующие:

- пудра алюминиевая ПАП и ПАП -1. Серебристый тонкоизмельченный порошок, растворимый в кислотах и щелочах и нерастворимый в воде и органических растворителях;

- пудра алюминиевая ПАК. Тонкоизмельченный порошок, подвергнутый специальной полировке. Поверхность частиц пудры покрыта защитной парафиновой пленкой;

- пергидроль технический. Бесцветная неустойчивая жидкость, разлагаемая на свету на кислород и воду.

**Пенообразующие добавки** – это поверхностно-активные органические вещества, обеспечивающие возможность получения технической пены требуемых кратности и стойкости и, позволяющие при смешивании с компонентами бетонной смеси получать бетоны ячеистой или поризованной структуры. В настоящее время в стране для производства пенобетона выпускаются следующие виды пенообразователей ПО-1. Пенообразователи для пожаротушения применяемые и для приготовления пенобетона. Продукт, представляющий собой натриевые соли нефтяных сульфокислот, извлекаемые из отходов нефтепереработки.

ПО-3НП. Водный раствор натриевых солей вторичных алкилсульфатов со стабилизирующими добавками. Жидкость без осадка и расслоения, плотностью 1,02... 1,08 кг/м<sup>3</sup>.

ПО-6НП. Раствор натриевых солей вторичных алкилсульфатов со стабилизаторами. Однородная жидкость без осадка и расслоения, плотностью 1,01... 1,10 кг/ м<sup>3</sup>.

ПО-6НП-М. Раствор натриевых солей вторичных алкилсульфатов со стабилизирующими добавками. Однородная жидкость без осадка плотностью 1,01... 1,02 кг/ м<sup>3</sup>.

ПО-6К. Водный раствор натриевых солей сульфокислот с содержанием их в пределах 28...34 %, полученный при нейтрализации кислого гудрона кальцинированной или каустической содой.

Ареком-4. Пенообразователь для приготовления пенобетона в пеногенераторах и установках равитационного типа. Продукт на основе гидроксида калия (8 %), казеина (6 %), канифоли (6 %), мыла (10 %) и воды (70 %). Светло-серая жидкость без осадка, плотностью 1,0... 1,2 кг/ м<sup>3</sup>.

ПО-ПБ-1. Пенообразователь для приготовления монолитного пенобетона и пенобетонных изделий. Однородная жидкость без осадка и расслоения плотностью 1,01... 1,10 кг/ м<sup>3</sup>.

Морпен. Однородная жидкость коричневого цвета без кристаллического осадка, плотностью 1,05...1,2 кг/ м<sup>3</sup>. Пенообразователь устойчив к агрессивным средам.

Пеностром. Синтетический пенообразователь в виде темно-коричневой жидкости, плотностью 1,07 кг/ м<sup>3</sup>. Добавка на основе алкилсульфатов с добавлением растворов первичных жирных спиртов.

ТЭАС. Водный раствор триэтаноламиновых солей первичных алкилсульфатов, полученных сульфированием первичных жирных спиртов фракции С9-С11 хлорсульфоновой кислотой с последующей нейтрализацией продуктов триэтаноламином. Жидкость от светло-желтого до темно-коричневого цвета без осадка плотностью 1,0...1,2 кг/ м<sup>3</sup>.

АОС - альфаолефинсульфонат натрия. Вязкая жидкость черного цвета с различной начальной концентрацией переменного состава, полученная сульфированием первичных альфаолефинов серным ангидридом с последующей нейтрализацией каустической содой.

ПБ. Продукт на основе воздухововлекающей добавки ЦНИПС-1, сульфитно-дрожжевой бражки и воды. Продукт, получаемый на основе ПЯБ сульфонола и состоящий из органического клея (0,6...1 % по массе), алкиларилсульфоната (0,6... 1 %), хлорного железа (0,03...0,04 %) и остальное - вода (до 100 %). Нейтрализованный водный раствор смолы термолиза ПТД древесины с известью-пушонкой при  $t = 70...90$  °С с последующей фильтрацией раствора.

Жидкостекольный пенообразователь ЖСП. Продукт, приготавливаемый на основе канифоли, едких щелочей, жидкого стекла и воды.

Клеенекалевый пенообразователь КНП. Продукт на основе некаля (7...10 % сернокислого натрия, до 1 % хлористого натрия, клея и воды).

Клееканифольный пенообразователь ККП. Приготавливается на основе животного (костного или мездрового) клея, канифоли, едкого натра и воды. При длительном взбивании эмульсия дает большой объем устойчивой пены.

Рекомендуемая дозировка - 8...12 % от количества воды, идущей на изготовление цементного ячеистого бетона.

УФАПОР СС (UFAPORE CC). Пенообразователь для пено - и легких бетонов. Смесь поверхностно-активных веществ с анионным зарядом поверхности. Прозрачная текучая жидкость желтоватого цвета плотностью 1,05 кг/м<sup>3</sup>; образует стабильную пену с равномерной структурой пор независимо от жесткости воды. Производитель: фирма Bang & Bonsomer концерна МАПЕИ (Италия).

Неопор (Neopore). Пеноконцентрат на протеиновой основе. Жидкость темно-коричневого цвета, плотностью 1,128 кг/ м<sup>3</sup>. Производитель: фирма Неопор (ФРГ).

Хостапур ОСБ (Hostapur OSB). Порообразователь для пенобетонов и растворных смесей; обладает пластифицирующим действием. Добавка анионного типа в виде желтоватого порошка; ПАВ на основе высокомолекулярного сульфоната олефина. Рекомендуемая дозировка – 0,005...0,05% от массы компонентов сухой смеси. Производитель: АООТ «Опытный завод сухих смесей».

Целикид ЛП2 (Zeliquid LP2). Жидкий парообразователь анионного типа для пенобетонов и растворов. Рекомендуемая дозировка - 0,01...0,06 % от массы компонентов сухой смеси. Производитель: АООТ «Опытный завод сухих смесей».

Аддимент СБ 31 Л (Addiment SB 31 L). Пенообразователь на протеиновой основе. Темно-коричневая жидкость плотностью 1,13 кг/м<sup>3</sup> Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Аддимент ЛПС (Addiment LPS). Воздухововлекающая добавка для всех видов бетонов и растворов. Не содержит веществ, вызывающих коррозию арматуры. Рекомендуемая дозировка — 0,03...0,2% от массы цемента. Производитель: Addiment Sika (ФРГ).

Перамин ШПА (Peramin HPA). Высокоэффективная воздухововлекающая добавка в виде прозрачного желтоватого раствора

смеси ПАВ. Рекомендуемая дозировка - 0,03...0,15% от массы цемента.  
Производитель: ООО «Урал пласт».

Перамин Л (Peramin L). Раствор винсоловой смолы темно-коричневого цвета. Рекомендуемая дозировка -0,03...0,15% от массы цемента.  
Производитель: ООО «Уралпласт». В качестве воздухововлекающих добавок также могут быть использованы слабопластифицирующие добавки.

## **Часть третья. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ КОМПАНИИ “ПОЛИПЛАСТ”**

### **Глава IV. Пластифицирующие и водоредуцирующие добавки**

#### **4.1. Суперпластификатор "Полипласт сп-1"**

##### **("Полипласт СП-1 ВП")**

###### ***Описание продукта***

Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ СП-1" для бетонов и строительных растворов, представляющий собой смесь нейтрализованных едким натром полимерных соединений с различной средней молекулярной массой и шириной молекулярно-массового распределения, получаемых при конденсации сульфокислот нафталина с формальдегидом - полиметиленафталинсульфонат натрия. При добавлении воздухоподавляющего компонента обеспечивает нормируемое воздухововлечение ("ПОЛИПЛАСТ СП-1ВП").

###### ***Область применения***

- монолитные железобетонные конструкции;
- сборные железобетонные изделия;
- легкий и ячеистый бетон;
- строительство различного назначения: гражданское, промышленное, транспортное, дорожное;
- изделия и конструкции систем питьевого водоснабжения.

###### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность смеси от П1 до П5 без снижения прочности во все сроки твердения;
- снижает количество воды затворения до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);
- увеличивает конечные прочностные характеристики бетона на 25% и более (в равноподвижных смесях), способствуя получению бетонов высокой прочности на сжатие;
- позволяет снизить расход цемента до 20% (в равноподвижных смесях);

- в 1,5-1,6 раза увеличить сцепление бетона с закладной арматурой и металлоизделиями;

- позволяет получить бетоны с повышенной водонепроницаемостью, трещиностойкостью, морозостойкостью;

- снижает негативное воздействие реакционно-активных кремнеземистых включений заполнителя.

Применение добавки "ПОЛИПЛАСТ СП-1ВП" способствует снижению воздухововлечения в бетонную смесь до 1,0-1,7%.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет:

- для товарного бетона - 0,4-0,8%;

- для ЖБ изделий - 0,6-1,0%;

- для технологии полусухого вибропрессования - 1,0-1,5%;

- для ячеистых бетонов - 0,1 -0,5%.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси возможно производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" в соответствии с рекомендациями по применению

на продукт. При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик допускается совместное применение с добавкой "ПОЛИПЛАСТ Р тип 2" в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5870-005-58042865-05;

Сертификат соответствия ГОСТ Р;

Сертификат соответствия стандарту ЕМ 934-2;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение НИИЖБ о влиянии "ПОЛИПЛАСТ СП-1" на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421-83;

Заключение ЦНИИС по применению "ПОЛИПЛАСТ СП-1" для конструкций транспортного строительства;

Заключение РОСДОРНИИ по применению добавок ОАО "ПОЛИПЛАСТ" в дорожных бетонах;

Рекомендации по применению добавки в производстве гидротехнического бетона ОАО «НИИЭС» («РусГидро»).

***Характеристика продукта***

***Таблица 12.***

Наименование	суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП-1» ("ПОЛИПЛАСТ СП-1 ВП")
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая суперводоредуцирующая
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,4-1,5% в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - в сухом помещении при температуре не выше +35°С
Гарантийный срок хранения	1 год от даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора суперпластификатора  
"ПОЛИПЛАСТ СП-1" ("ПОЛИПЛАСТ СП-1ВП") от его концентрации  
(массовой доли сухого вещества)**

**Таблица 13.**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		содержание сухого вещества добавки при влаге 8%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,015	50,8	50	55,2	54,3
7	1,027	71,9	70	78,1	76,1
10	1,045	104,5	100	113,6	108,7
12	1,057	126,8	120	137,9	130,4
15	1,075	161,3	150	175,3	163,0
20	1,100	220,0	200	239,1	217,4
25	1,125	281,3	250	305,7	271,7
30	1,155	346,5	300	376,6	326,1
33	1,173	387,1	330	420,8	358,7
34	1,179	400,9	340	435,7	369,6
35	1,185	414,8	350	450,8	380,4
36	1,191	428,8	360	466,0	391,3
37	1,197	442,9	370	481,4	402,2
38	1,203	457,1	380	496,9	413,0

**4.2. Суперпластификатор с водоудерживающим эффектом  
"ПОЛИПЛАСТ СП-2 ВУ"**

***Описание продукта***

Суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП-2ВУ» для бетонов и строительных растворов с водоудерживающим эффектом, представляющий собой суперпластификатор нафталинсульфонатного полимерного типа со стабилизирующим компонентом.

***Область применения***

- монолитные железобетонные конструкции, производимые из высокоподвижных и литых бетонных смесей;
- самоуплотняющиеся бетонные смеси;
- сборные железобетонные изделия, в том числе с повышенной степенью армирования и сложной конфигурацией;
- легкий и ячеистый бетон;

- строительство различного назначения: гражданское, промышленное, транспортное, дорожное;

- изделия и конструкции систем питьевого водоснабжения.

### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность смеси от П1 до П5 без снижения прочности во все сроки твердения;

- снижает количество воды затворения до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);

- увеличивает конечные прочностные характеристики бетона на 25% и более (в равноподвижных смесях), способствуя получению бетонов высокой прочности на сжатие;

- повышает сохраняемость подвижности бетонной смеси во времени за счет стабилизирующего действия;

- позволяет снизить расход цемента до 20% (в равноподвижных смесях);

- обеспечивает эффективное снижение водо- и раствооротделения высокоподвижных смесей;

- позволяет сократить время и интенсивность вибрации при формировании.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет:

- для товарного бетона - 0,4-0,8%;

- для ЖБ изделий - 0,6-1,0%;

- для ячеистых бетонов - 0,1 -0,5%.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик допускается совместное применение с добавкой "ПОЛИПЛАСТ Р тип 2" в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

#### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5870-015-58042865-06;

Сертификат соответствия ГОСТР;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение ЦНИИС по применению "ПОЛИПЛАСТ СП-2ВУ" в конструкциях транспортного строительства.

#### ***Характеристика продукта***

***Таблица 14***

Наименование	суперпластификатор с водоудерживающим эффектом «ПОЛИПЛАСТ СП-2ВУ»
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая стабилизирующая суперводоредуцирующая
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,4-1,5% в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10°C при обеспечении перемешивания; для сухого продукта – в сухом помещении при температуре не выше +35°C

Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления
---------------------------	---------------------------

**Зависимость плотности водного раствора "ПОЛИПЛАСТ СП-2ВУ"  
от его концентрации (массовой доли сухого вещества)**

**Таблица 15**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 8%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
2	1,010	20,2	20	22,0	21,7
5	1,025	51,3	50	55,7	54,3
7	1,035	72,5	70	78,8	76,1
10	1,050	105,0	100	114,1	108,7
12	1,060	127,2	120	138,3	130,4
15	1,075	161,3	150	175,3	163,0
20	1,100	220,0	200	239,1	217,3
25	1,125	281,3	250	305,7	271,7
30	1,153	345,9	300	376,0	326,1
33	1,169	385,8	330	419,3	358,7
35	1,180	413,0	350	448,9	380,4
37	1,195	442,2	370	480,6	402,2
40	1,220	488,0	400	530,4	434,8

### 4.3. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ СП-3"

#### *Описание продукта*

Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ СП-3" для бетонов и строительных растворов представляет собой суперпластификатор нафталинсульфонатного полимерного типа, синтетически совмещенный с лигносульфонатом техническим и промышленной смесью неорганических солей натрия. Добавка производится двух типов: с ненормируемым воздухововлечением и при добавлении воздухоподавляющего компонента-с нормируемым воздухововлечением ("ПОЛИПЛАСТ СП-3 тип ВП").

#### *Область применения*

- производство товарных бетонов;
- изготовление сборных изделий и конструкций из тяжелого и мелкозернистого бетона;
- сборные железобетонные изделия;

- строительство различного назначения: гражданское, промышленное, транспортное, дорожное;

- изделия и конструкции систем питьевого водоснабжения.

### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность смеси от П1 до П5 без снижения прочности во все сроки твердения;

- снижает количество воды затворения до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);

- увеличивает конечные прочностные характеристики бетона на 25% и более (в равноподвижных смесях);

- повышает сохраняемость подвижности бетонной смеси во времени при использовании среднеалюминатного медленно- и нормальносхватывающегося цемента;

- позволяет снизить расход цемента до 20% (в равноподвижных смесях).

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет:

- для товарного бетона - 0,3-0,8%;

- для ЖБ изделий - 0,4-0,6%;

При введении в состав бетонных смесей для изготовления изделий, подвергаемых тепловлажностной обработке, время предварительной выдержки сформованных изделий должно составлять не менее 4 часов, а скорость подъема температуры - не выше  $10^0$  С в час.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента,

склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора «ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД» в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик допускается совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

#### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия-ТУ 5870-007-58042865-05;

Сертификат соответствия ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение НИИЖБ по результатам коррозионных испытаний арматуры в бетоне с добавками "ПОЛИПЛАСТ" согласно СТ СЭВ 4421-83;

Заключение ЦНИИС по применению "ПОЛИПЛАСТ СП-3" в конструкциях транспортного строительства;

Заключение РОСДОРНИИ по применению добавок компании "ПОЛИПЛАСТ" в дорожных бетонах.

#### ***Характеристика продукта***

***Таблица 16***

<b>Наименование</b>	<b>суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ СП-3"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая суперводоредуцирующая
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,3 - 0,8 % в пересчете на сухой продукт

Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - в сухом помещении при температуре не выше +35°С
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора суперпластификатора "ПОЛИПЛАСТ СП-3" от его концентрации (массовой доли сухого вещества)**

**Таблица 17**

Массовая доля * сухого вещества %	Плотность раствора при 20°С, г/см <sup>1</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 6%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
10	1,044	104,4	100,0	110,1	106,4
13	1,062	138,06	130,0	146,9	138,3
15	1,074	161,1	150,0	171,4	159,6
18	1,092	196,6	180,0	209,1	191,5
20	1,104	220,8	200,0	234,9	212,8
23	1,122	258,1	230,0	274,5	244,7
25	1,134	283,5	250,0	301,6	266,0
27	1,146	309,4	270,0	329,2	287,2
30	1,164	349,2	300,0	371,5	319,1
32	1,176	376,3	320,0	400,3	340,4
34	1,188	403,9	340,0	429,7	361,7
35	1,195	418,3	350,0	444,9	372,3
38	1,216	462,1	380,0	491,6	404,3
40	1,230	492,0	400,0	523,4	425,5

## Глава V. ДОБАВКИ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ СОХРАНЯЕМОСТЬ ПОДВИЖНОСТИ

### 5.1. Комплексная пластифицирующая добавка для бетонных и растворных смесей повышенной сохраняемости "ЛИНАМИКС П-120"

#### *Описание продукта*

Комплексная пластифицирующая добавка для бетонных и растворных смесей повышенной сохраняемости «ЛИНАМИКС», представляющая собой смесь полимеров неорганических солей натрия различной молекулярной массы.

### ***Область применения***

- производство товарных бетонов;
- изготовление монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций из тяжелого и мелкозернистого бетона, твердеющих в нормальных условиях или с применением электропрогрева;
- изготовление монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций на пористых заполнителях;
- производство строительных растворов.

### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П4, растворной - от Пк1 до Пк3 без снижения прочности во все сроки твердения при максимальной дозировке 0,6% от массы цемента в пересчете на сухой продукт;
- снижает количество воды затворения до 10-15% (в равноподвижных смесях);
- позволяет снизить расход вяжущего на 7-15%;
- повышает сохраняемость подвижности бетонной смеси во времени при использовании среднеалюминатного медленно- и нормальносхватывающегося цемента до 2,5 часов.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет 0,3-0,6% от массы вяжущего в пересчете на сухой продукт. Следует иметь в виду, что количество добавки оказывает прямое влияние на срок замедления схватывания цемента.

***ДВОЙНОЕ ПЕРЕДОЗИРОВАНИЕ ДОБАВКИ НЕДОПУСТИМО - ЭТО МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К ЗНАЧИТЕЛЬНОМУ ЗАМЕДЛЕНИЮ СХВАТЫВАНИЯ БЕТОНА.***

Введение пластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа, рекомендуется дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки. При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик допускается совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

#### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5870-006-58042865-05; Сертификат соответствия системы ГОСТ Р; Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

#### ***Характеристика продукта***

***Таблица 24***

<b>Наименование</b>	<b>комплексная пластифицирующая добавка для бетонных и растворных смесей повышенной сохраняемости "ЛИНАМИКС П-120"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Пластифицирующая, водоредуцирующая, регулирующая сохраняемость подвижности
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,3 - 0,6 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже +10°С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - в сухом помещении при температуре не выше +35°С
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

Заключение НИИЖБ по результатам коррозионных испытаний арматуры в бетоне с добавками "ПОЛИПЛАСТ согласно СТ СЭВ 4421 -83;

Заключение ЦНИИС по применению в конструкциях транспортного строительства.

***Зависимость плотности водного раствора «ЛИНАМИКС П - 120» от его концентрации (массовой доли сухого вещества)***

***Таблица 25***

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, $г/см^3$	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 3%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
27	1,140	307,8	270	317,3	278,4
28	1,145	320,6	280	330,5	288,7
29	1,150	333,5	290	343,8	299,0
30	1,155	346,5	300	357,2	309,2
31	1,160	359,6	310	370,7	3*19,6
32	1,165	372,8	320	384,3	329,9
33	1,170	386,1	330	398,0	340,2
34	1,175	399,5	340	411,8	350,5
35	1,180	413,0	350	425,8	360,8
36	1,185	426,6	360	439,8	371,1
37	1,190	440,3	370	453,9	381,4
38	1,195	454,1	380	468,1	391,8
39	1,200	468,0	390	482,5	402,1
40	1,205	482,0	400	496,9	412,4
41	1,210	496,1	410	511,4	422,7

## Глава VI. ДОБАВКИ ДЛЯ ЖЕСТКИХ И МАЛОПОДВИЖНЫХ СМЕСЕЙ

### 6.1. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ ВИБРО"

#### *Описание продукта*

Добавка для бетонов и строительных растворов суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ ВИБРО», представляет собой смесь натриевых и полиалкиленоксидных производных полиметиленафталинсульфокислот.

#### *Область применения*

- производство жестких и малоподвижных смесей, используемых для изготовления изделий с применением вибрационных машин;
- изготовление изделий методом безопалубочного формования;
- изготовление сборных железобетонных изделий и конструкций для строительства различного назначения, в том числе конструкций систем питьевого водоснабжения.

#### *Эффективность применения*

- позволяет существенно сократить время формования изделий;
- обеспечивает строго заданную геометрию и однородность структуры смеси;
- способствует повышению качественных характеристик лицевых поверхностей изделий;
- снижает количество воды затворения до 20 -25% (в равноподвижных смесях);
- позволяет снизить расход вяжущего до 20-25%;
- значительно сокращает время и энергетические затраты на вибрирование бетонной смеси.

#### *Особенности применения*

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет:

- допустимый - 0,3-1,0%;
- оптимальный для жестких бетонных смесей - 0,4-0,6%.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;  
 - в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший водоредуцирующий эффект.

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия-ТУ 5745-027-58042865-2008;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение ФГУП «НИИЖБ» о влиянии "ПОЛИПЛАСТ ВИБРО" на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421 -83.

### ***Характеристика продукта***

***Таблица 26***

<b>Наименование</b>	<b>Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ ВИБРО"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая суперводоредуцирующая
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,3 -1,0 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

### ***Зависимость плотности водного раствора суперпластификатора "ПОЛИПЛАСТ ВИБРО" от концентрации***

***Таблица 27***

<b>Массовая доля сухого вещества %</b>	<b>Плотность раствора, • г/см<sup>3</sup></b>	<b>Содержание сухого вещества добавки, грамм</b>	
		<b>в 1 л раствора</b>	<b>в 1 кг раствора</b>
5	1,033	51,7	50,0
10	1,058	105,8	100,0
13	1,073	139,5	130,0
15	1,083	162,5	150,0
17	1,093	185,8	170,0
20	1,108	221,6	200,0
23	1,123	258,3	230,0
25	1,135	283,8	250,0
28	1,153	322,8	280,0
30	1,165	349,5	300,0
33	1,183	390,4	330,0
35	1,195	418,3	350,0
37	1,207	446,6	370,0
40	1,225	490,0	400,0

## **Глава VII. ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОДИФИКАТОР БЕТОНА**

### **"ПФМ - НЛК"**

#### **7.1. Полуфункциональный модификатор бетона «ПФМ-НЛК»**

##### **Описание продукта**

Полифункциональный модификатор бетона "ПФМ-НЛК" состоит из поверхностно-активных натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот, воздухововлекающего и гидрофобизирующего компонентов. Композиция добавки и технология применения ее в бетонах разработаны специалистами ЯкутПНИИС и НИИЖБ.

##### **Область применения**

- производство товарных и конструкционных бетонов с высокими эксплуатационными требованиями: промышленных, гражданских, гидротехнических, дорожных, мостовых, дорожных и аэродромных бетонов, в том числе конструкций систем питьевого водоснабжения;

- изготовление изделий и конструкций, эксплуатирующихся в сложных условиях окружающей среды при циклическом увлажнении и высушивании, замораживании и оттаивании;

- бетоны повышенной стойкости к агрессивным средам, в том числе к сульфатам.

##### **Эффективность применения**

- увеличивает подвижность смеси от П1 до П5 без снижения прочности во все сроки твердения;

- снижает водопотребность при затворении до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);

- повышает морозостойкость бетона на 2 марки и выше;

- способствует получению тяжелых бетонов особо низкой проницаемости;

- повышает трещиностойкость изделий и конструкций.

- увеличивает конечные прочностные характеристики бетона на 25% и более (в равноподвижных смесях);

- повышает сохраняемость подвижности бетонной смеси во времени при использовании среднеалюминатного медленно и нормальносхватывающегося цемента;

- позволяет снизить расход цемента до 20% (в равноподвижных смесях).

### **Особенности применения**

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет 0,5-0,8% от массы вяжущего в пересчете на сухой продукт:

- допустимый - 0,3-1,0%;

- оптимальный для жестких бетонных смесей - 0,4-0,6%;

При введении в состав бетонных смесей для изготовления изделий, подвергаемых тепловлажностной обработке, время предварительной выдержки сформованных изделий должно составлять не менее 4 часов, а скорость подъема температуры - не выше 10°C в час.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший водоредуцирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

**Нормативно-техническая документация**

Технические условия-ТУ 5745-022-58042865-2007;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение НИИЖБ о влиянии полифункционального модификатора "ПФМ-НЛК" на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421 -83;

Заключение ЦНИИС по применению "ПФМ-НЛК" для конструкций транспортного строительства;

Заключение РОСДОРНИИ по применению добавок компании "ПОЛИПЛАСТ" в дорожных бетонах;

Заключение НИИЖБ по поровой структуре бетона с "ПФМ-НЛК";

Рекомендации по применению добавки в производстве гидротехнического бетона ОАО «НИИЭС» («РусГидро»),

**Характеристика продукта**

**Таблица 28**

<b>Наименование</b>	<b>Добавка для бетонов и строительных растворов полифункционального действия "ПФМ-НЛК"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, повышающая морозостойкость, снижающая проницаемость, воздухововлекающая
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,3-1,0% в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - в сухом помещении при температуре не выше +35°С
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора полифункционального модификатор "ПФМ-НЛК" от концентрации:**

**Таблица 29**

доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 6%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,020	51,0	50	54,3	53,2
10	1,045	104,5	100	111,2	106,4
12	1,055	126,6	120	134,7	127,7
15	1,070	160,5	150	170,7	159,6
20	1,095	219,0	200	233,0	212,8
25	1,120	280,0	250	297,9	266,0
27	1,132	305,6	270	325,1	287,2
30	1,150	345,0	300	367,0	319,1
32	1,162	371,8	320	395,6	340,4
37	1,192	441,0	370	469,2	393,6
40	1,210	484,0	400	514,9	425,5

**7.2. Полифункциональный модификатор для бетонов и строительных растворов "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД"**

***Описание продукта***

Полифункциональный модификатор для бетонов и строительных растворов "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" представляет собой смесь неорганических солей-регуляторов реологических свойств и полиметиленафталинсульфонатов.

***Область применения***

- производство товарного бетона и строительного раствора при отдаленном территориальном расположении от объекта строительства;
- возведение массивных монолитных конструкций с целью снижения тепловыделения при твердении бетона;
- изготовление монолитных бетонных и железобетонных изделий и конструкций из тяжелого и мелкозернистого бетона, твердеющих в нормальных условиях или с применением электропрогрева.

### ***Эффективность применения***

- обеспечение сохранения подвижности пластифицированных бетонных смесей в пределах марки по удобоукладываемости в течение 4 часов;
- сокращение времени достижения распалубочной прочности конструкции;
- отсутствие снижения темпов набора прочности бетоном и строительным раствором;
- модификатор не содержит хлорид-ионов и может применяться при изготовлении стальных и предварительно напряженных железобетонных конструкций.

### ***Особенности применения***

***Дозировка.*** Рекомендуемый диапазон дозировок модификатора "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" при производстве товарного тяжелого бетона составляет от 0,1 % до 0,4% товарного раствора от массы цемента в зависимости от длительности транспортировки и других технологически нормируемых показателей, для строительного раствора расход добавки - 0,05-0,20% товарного раствора от общей массы вяжущего.

***Дозирование.*** Модификатор "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" вводится после окончания приготовления бетонной или растворной смеси либо совместно с пластифицирующе- водоредуцирующей добавкой при соблюдении соотношений компонентов и технологии введения, предварительно экспериментально подтвердивших соответствие проектным требованиям. После введения добавки в бетонную (растворную) смесь необходимо обеспечить достаточное время перемешивания с целью равномерности ее распределения в соответствии с нормативными требованиями.

***Совместимость.*** "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" наиболее эффективен при совместном использовании с суперпластификаторами производства компании "ПОЛИПЛАСТ", выбранных в соответствии с назначаемым эффектом. При этом введение модификатора в предварительно подобранный состав не требует специальных корректировок соотношений компонентов.

**Замечания/ограничения.** Наибольший эффект "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" достигается в случае применения добавки в высокоподвижных смесях марки по удобоукладываемости П5 для бетонов, Пк4 - для строительных растворов. При изменении инертных или вяжущих составляющих рекомендуется предварительная проверка на соответствие заявленным требованиям бетона и строительного раствора с добавкой в лабораторных условиях.

***Характеристика продукта***

***Таблица 30***

<b>Наименование</b>	<b>Полифункциональный модификатор для бетонов и строительных растворов "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД"</b>
Классификация в соответствии С ГОСТ 24211-08	регулирующая сохраняемость подвижности
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,1 - 0,4 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	при температуре не ниже + 10 °С и обеспечении перемешивания
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

## **Глава VIII. СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ**

### **8.1. Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС Т-2"**

#### ***Описание продукта***

Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС Т-2" представляет собой смесь неорганических (политианидов) и органических (полинафталинметиленсульфонатов) солей натрия.

#### ***Область применения***

- производство сборных изделий и конструкций из тяжелого и мелкозернистого бетона различного назначения с высокими требованиями к отпускной прочности;

- изготовление конструкций монолитных сооружений с повышенной степенью армирования и сложной конфигурацией с высокими требованиями к распалубочной прочности;

- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;

- приготовление строительных растворов.

#### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);

- увеличивает прочность бетона (раствора) в первые трое суток нормального твердения не менее 40-50%, а в возрасте 28 суток прирост составляет не менее 20%;

- способствует обеспечению ранней отпускной прочности бетона при использовании низкоактивных портландцементов;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловлажностной обработки либо температуры изотермического прогрева вплоть до полного ее исключения.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки для производства:

-тяжелых бетонов составляет 0,6-1,5%;

- для ячеистых бетонов - 0,1 -0,6% от массы вяжущего в пересчете на сухой продукт.

Для достижения максимального эффекта от применения добавки изначально в лабораторных условиях следует провести параллельные исследования образцов с данной добавкой и контрольного состава, постепенно уменьшая температуру изотермического прогрева и сокращая режим термообработки вплоть до полного ее исключения.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

-с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший водоредуцирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля-суммарного количества вводимой добавки;

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия -ТУ 5870-002-14153664-04 с изм. N«1; Сертификат соответствия системы ГОСТ Р; Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение НИИЖБ о влиянии "РЕЛАМИКС Т-2" на склонность к коррозионному растрескиванию арматурных сталей согласно СТ СЭВ 4421 -83;

Заключение ЦНИИС по применению в конструкциях транспортного строительства.

### *Характеристика продукта*

*Таблица 31*

Наименование	Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС Т-2"
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, ускоритель твердения, повышающая прочность
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,6 -1,5 % е пересчете на сухой продукт
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10°C при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - в сухом помещении при температуре не выше +35°C
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

### *Зависимость плотности водного раствора "РЕЛАМИКС Т-2" от концентрации (массовой доли сухого вещества)*

*Таблица 32*

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 8%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,020	51,0	50	55,4	54,3
10	1,050	105,0	100	114,1	108,7
15	1,080	162,0	150	176,1	163,0
20	1,110	222,0	200	241,3	217,4
25	1,140	285,0	250	309,8	271,7
30	1,170	351,0	300	381,5	326,1
33	1,188	392,0	330	426,1	358,7
35	1,200	420,0	350	456,5	380,4
38	1,218	462,8	380	503,1	413,0
40	1,230	492,0	400	534,8	434,8

## 8.2. Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС М"

### *Описание продукта*

Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС М" представляет собой смесь поверхностно активных веществ - органических

солей натрия (метиленбис нафталинсульфонат динатрия) и неорганических солей натрия и калия.

### ***Область применения***

- производство сборных изделий и конструкций из тяжелого и мелкозернистого бетона различного назначения с высокими требованиями к отпускной прочности;

- изготовление конструкций монолитных сооружений с повышенной степенью армирования и сложной конфигурацией с высокими требованиями к распалубочной прочности;

- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;

- приготовление строительных растворов.

### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);

- увеличивает прочность бетона (раствора) в первые трое суток нормального твердения не менее 40-50%, а в возрасте 28 суток прирост составляет не менее 20%;

- способствует обеспечению ранней отпускной прочности бетона при использовании низкоактивных портландцементов;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловлажностной обработки либо температуры изотермического прогрева вплоть до полного ее исключения.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки:

- для производства тяжелых бетонов составляет 0,6-1,5%;

- для ячеистых бетонов - 0,1-0,6%;

- для строительных растворов - 0,4-0,8% от массы вяжущего в пересчете на сухой продукт.

Для достижения максимального эффекта от применения добавки изначально в лабораторных условиях следует провести параллельные исследования образцов с данной добавкой и контрольного состава, постепенно уменьшая температуру изотермического прогрева и сокращая режим термообработки вплоть до полного ее исключения.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший водоредуцирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,1-0,2% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик допускается совместное применение с добавкой "ПОЛИПЛАСТ Р тип 2" в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

### **Нормативно-техническая документация**

Технические условия -ТУ 5745-016-58042865-06;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение ЦНИИС по применению "Реламикс-М" для конструкций транспортного строительства.

**Характеристика продукта**

**Таблица 33**

Наименование	Суперпластификатор и ускоритель твердения "РЕЛАМИКС М"
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, ускоритель твердения, повышающая прочность
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,6 -1,5 % в пересчете на сухой продукт
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - в сухом помещении при температуре не выше +35°С
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора "РЕЛАМИКС М" от концентрации (массовой доли сухого вещества)**

**Таблица 34**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 8%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,044	52,2	50	56,7	54,3
10	1,074	107,4	100	116,7	108,7
15	1,104	165,6	150	180,0	163,0
20	1,134	226,8	200	246,5	217,4
25	1,164	291,0	250	316,3	271,7
30	1,194	358,2	300	389,3	326,1
33	1,212	400,0	330	434,7	358,7
35	1,224	428,4	350	465,7	380,4
37	1,236	457,3	370	497,1	402,2

## **Глава IX. СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР НА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ ОСНОВЕ, ПОВЫШАЮЩИЙ ПРОЧНОСТЬ**

### **9.1. Комплексная органоминеральная добавка "ПОЛИПЛАСТ -1МБ"**

#### ***Описание продукта***

Комплексная органоминеральная добавка "ПОЛИПЛАСТ-1МБ" для бетонов и строительных растворов представляет собой смесь поверхностно активных веществ - органических солей натрия и минерального - кристаллического диоксида кремния. При необходимости может содержать антивспениватель на основе высших жирных кислот (Полипласт-1 МБтип ВП).

#### ***Область применения***

- производство ненапряженных и предварительно напряженных конструкций из тяжелого бетона, в том числе высокопрочного;
- изготовление конструкций монолитных сооружений с повышенной степенью армирования и сложной конфигурацией с высокими требованиями к распалубочной и конечной прочности;
  - производство легких бетонов, в том числе ячеистых;
  - приготовление строительных растворов.

#### ***Эффективность применения***

- добавка рекомендована для применения в производстве высокопрочных бетонов, с высокими требованиями по морозостойкости и водонепроницаемости за счет уплотнения структуры бетона в результате химической реакции образования гидросиликатов кальция;
  - увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);
  - снижает водопотребность при затворении до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);
  - увеличивает прочность бетона (раствора) в первые трое суток нормального твердения не менее 40-50%, а в возрасте 28 суток прирост составляет до 100%;

- обеспечивает снижение водо- и раствооотделения смесей;
- повышает сохраняемость подвижности бетонной смеси во времени при использовании среднеалюминатного медленно- и нормальнoсхватывающегося цемента.

### **Особенности применения**

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки:

- для производства тяжелых бетонов составляет 1,0-3,0%;
- для строительных растворов-0,5-1,5%;
- для ячеистых бетонов - 0,1 -0,6% от массы вяжущего в пересчете на сухой продукт.

При этом для получения наибольшего эффекта ускорения твердения в ранние сроки рекомендуемый диапазон дозировок для тяжелого бетона -1,0-1,5%, в проектном возрасте -2,0-3,0%.

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси производится исключительно в сухом виде на заполнители, после чего вводится вода затворения.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик допускается совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия-ТУ 5745-013-58042865-06; Сертификат соответствия системы ГОСТ Р; Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение ЦНИИС по применению "ПОЛИПЛАСТ-1МБ" для конструкций транспортного строительства;

Заключение НИИЖБ по результатам испытания влияния "ПОЛИПЛАСТ-1 МБ" на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421 -83;

## Характеристика продукта

Таблица 35

Наименование	Комплексная органоминеральная добавка для бетонов и строительных растворов "Полипласт-1МБ"
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, повышающая прочность. Дополнительные эффекты: стабилизирующая, регулирующая сохраняемость подвижности, ускоритель твердения, повышающая морозостойкость, снижающая проницаемость
Форма выпуска	в виде порошка коричневого цвета
Диапазон дозировок	1,0-3,0%
Транспортировка Хранение	В неповрежденной упаковке в закрытых складских помещениях
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

### *Пример расчета количества добавки вводимой в бетонную (растворную) смесь*

Предположим, что количество вводимой добавки составляет 2,0%.

Расход добавки на 100 кг цемента:

100 кг -100%

Xкг -2,0%

*Добавка имеет влажность, которую нужно учесть при расчете приготовления состава бетона, предполагаем, влажность составляет 5%, тогда получим:*

$$X = \frac{100 \cdot 2,0\%}{95\%} = 2,11 \text{ кг добавки "ПОЛИПЛАСТ-1 МБ" на 100 кг цемента}$$

## Глава X. ПРОТИВОМОРОЗНЫЕ ДОБАВКИ

### 10.1. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-1"

#### *Описание продукта*

Комплексная пластифицирующая добавка для бетонов и строительных растворов с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП15-1" представляет собой смесь полинафталинметилсульфоната натрия и формиата натрия. Может содержать антивспениватель на основе высших жирных кислот и олигомерного лапромола ("КРИОПЛАСТ СП15-1 тип ВП").

#### *Область применения*

- производство тяжелого конструкционного бетона при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и замоноличивании стыков этих конструкций;

- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;

- приготовление строительных растворов.

#### *Эффективность применения*

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус 15°C;

- способствует набору критической прочности бетона и строительного раствора в возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус 15°C;

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);

- не способствует образованию высолов на поверхности конструкции и не вызывает коррозии арматуры бетона.

***Эффективность применения добавки "КРИОПЛАСТ СП15-1" при применении тепловой обработки либо термосного выдерживания конструкции***

- предотвращает замерзание бетонной и растворной смесей до начала активной тепловой обработки при возведении бетонных и железобетонных конструкций;

- препятствует замерзанию смеси и прекращению процессов гидратации цемента в случае вынужденных периодов отсутствия тепловой обработки, значительно интенсифицирует набор прочности при последующем воздействии положительных температур;

- эффективна для обеспечения транспортировки бетонной смеси при температуре не ниже минус 25°С при условии последующей тепловой обработки конструкции, изготовленной из нее. Является противоморозной добавкой для «теплых бетонов» при температуре окружающей среды до минус 25°С в соответствии с ГОСТ 24211 -08;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловой обработки бетона по сравнению с монокомпонентными противоморозными добавками.

***Рекомендуемые дозировки представлены в нижеследующей таблице:***

***Таблица 36***

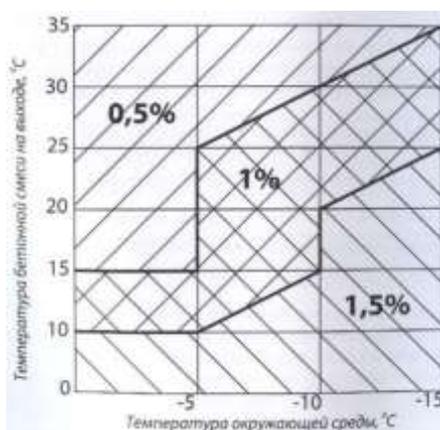
<b><i>Средняя расчетная температура твердения бетона</i></b>	<b><i>Дозировка добавки по сухому веществу, % от массы цемента</i></b>	<b><i>Прочность бетона на сжатие в % от проектной, в возрасте, суток</i></b>		
		<b><i>3</i></b>	<b><i>7</i></b>	<b><i>28</i></b>
<b><i>-5С°</i></b>	<b><i>1,0</i></b>	<b><i>0-10</i></b>	<b><i>10-25</i></b>	<b><i>25-35</i></b>
<b><i>-10С</i></b>	<b><i>1,5-2,0</i></b>			
<b><i>-15С°</i></b>	<b><i>2,0-2,5</i></b>			

### ***Особенности применения***

Оптимальная дозировка добавки для производства тяжелых бетонов и строительных растворов назначается в зависимости от прогнозируемой температуры окружающей среды, при которой производится бетонирование, исходной температуры смеси, а также времени от начала транспортировки до подвода внешнего тепла к конструкции.

***Диапазон дозировок добавки для производства легких бетонов составляет 0,5-1,5% от массы цемента в пересчете на сухой продукт.***

***Выбор дозировки при использовании тепловой обработки либо термосного выдерживания рекомендуется осуществлять, исходя из следующей закономерности:***



***Рисунок 15. График зависимости дозировки добавки от температур бетонной смеси на выходе с производства и окружающей среды при продолжительности транспортирования не более двух часов***

**Примечание:** в случае, когда определяемая дозировка находится на границе раздела областей, при назначении количества добавки необходимо учитывать В/Ц смеси: при  $V/C < 0,5$  осуществляется выбор в сторону меньшей дозировки, а при  $V/C \geq 0,5$  - большей.

Введение суперпластификатора "КРИОПЛАСТ СП15-1" в состав бетонной смеси возможно производить различными способами:

- вместе с расчетным (на замес) количеством воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20 %) воды затворения за 1 -2 минуты до окончания перемешивания.

Второй способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект. Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,2-0,4% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора «ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД» в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик рекомендуется совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

#### **Нормативно-техническая документация**

Технические условия-ТУ 5870-008-58042865-05;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Протокол соответствия продукта гигиеническим нормам;

Заключение ЦНИИС по применению "КРИОПЛАСТ СП 15-1" для конструкций транспортного строительства;

Заключение НИИЖБ о влиянии на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421-83.

## Характеристика продукта

Таблица 37

<b>Наименование</b>	<b>Комплексная пластифицирующая добавка для бетонов и строительных растворов с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-1"</b>
Классификация в соответствии С ГОСТ 24211-08	Суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, противоморозная для «теплых бетонов» до -25°С и для «холодных бетонов» - до -15°С при испытании через 24 часа после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Диапазон дозировок	1,0 - 2,5 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10°С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей
Гарантийный срок хранения	6 месяцев - для жидкого продукта, 12 месяцев - для сухого продукта с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора комплексной пластифицирующей добавки с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-1" от концентрации (массовой доли сухого вещества)**

Таблица 38

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 5%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
10	1,065	106,5	100	112,1	105,3
15	1,095	164,3	150	172,9	157,9
20	1,125	225,0	200	236,8	210,5
25	1,155	288,8	250	303,9	263,2
30	1,185	355,5	300	374,2	315,8
31	1,191	369,2	310	388,6	326,3
32	1,197	383,0	320	403,2	336,8
33	1,203	397,0	330	417,9	347,4
34	1,209	411,1	340	432,7	357,9
35	1,215	425,3	350	447,6	368,4
37	1,227	454,0	370	477,9	389,5
40	1,245	498,0	400	524,2	421,1

## **10.2. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-2"**

### ***Описание продукта***

Комплексная пластифицирующая добавка для бетонов и строительных растворов с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП15-2" представляет собой промышленную смесь тиосульфата, роданида натрия и полинафталинметиленсульфоната натрия. Может содержать антивспениватель на основе высших жирных кислот и олигомерного лапромола ("КРИОПЛАСТСП15-2 тип ВП").

### ***Область применения***

- производство тяжелого конструкционного бетона при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и замоноличивании стыков этих конструкций;
- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;
- приготовление строительных растворов.

### ***Эффективность применения***

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус 15°C;
- способствует набору критической прочности бетоном и строительным раствором в возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус 15°C;
- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);
- снижает водопотребность при затворении до 20% - 25% (в равноподвижных смесях);
- не способствует образованию высолов на поверхности конструкции и не вызывает коррозии арматуры бетона.

***Эффективность применения добавки "КРИОПЛАСТ СП15-2" при применении тепловой обработки либо термосного выдерживания конструкции***

- предотвращает замерзание бетонной и растворной смесей до начала активной тепловой обработки при возведении бетонных и железобетонных конструкций;

- препятствует замерзанию смеси и прекращению процессов гидратации цемента в случае вынужденных периодов отсутствия тепловой обработки, значительно интенсифицирует набор прочности при последующем воздействии положительных температур;

- эффективна для обеспечения транспортировки бетонной смеси при температуре не ниже минус 25°С при условии последующей тепловой обработки конструкции, изготовленной из нее. Является противоморозной добавкой для «теплых бетонов» при температуре окружающей среды до минус 25°С в соответствии с ГОСТ 24211 -08;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловой обработки бетона по сравнению с монокомпонентными противоморозными добавками.

***Особенности применения***

Оптимальная дозировка добавки для производства тяжелых бетонов и строительных растворов назначается в зависимости от прогнозируемой температуры окружающей среды, при которой производится бетонирование, исходной температуры смеси, а также времени от начала транспортировки до подвода внешнего тепла к конструкции.

***Рекомендуемые дозировки представлены в нижеследующей таблице:***

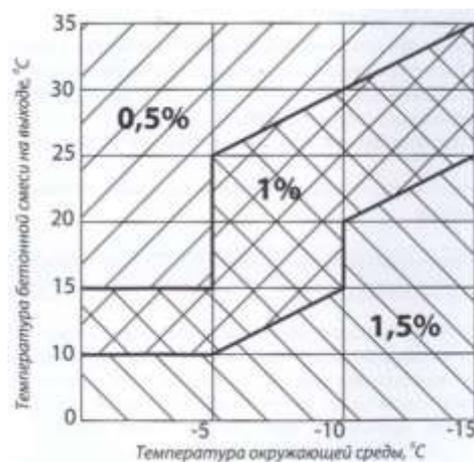
***Таблица 39***

<b><i>Средняя расчетная температура твердения бетона</i></b>	<b><i>Дозировка добавки в пересчете на сухой продукт, % от массы вяжущего</i></b>
-5°С	1,0
-10°С	1,5-2,0
-15°С	2,0-2,5

Диапазон дозировок добавки для производства легких бетонов составляет 0,5-1,5% от массы цемента в пересчете на сухой продукт.

Выбор дозировки при использовании тепловой обработки либо термосного выдерживания рекомендуется осуществлять, исходя из следующей закономерности:

**Рисунок 16. График зависимости дозировки добавки от температур бетонной смеси на выходе с производства и окружающей среды при продолжительности транспортирования не более двух часов.**



**Примечание:** в случае, когда определяемая дозировка находится на границе раздела областей, при назначении количества добавки необходимо учитывать В/Ц смеси: при  $V/C < 0,5$  осуществляется выбор в сторону меньшей дозировки, а при  $V/C \geq 0,5$  - большей.

Введение суперпластификатора "КРИОПЛАСТ СП 15-2" в состав бетонной смеси возможно производить различными способами:

- вместе с расчетным (на замес) количеством воды затворения;
- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10 - 20 %) воды затворения за 1 -2 минуты до окончания перемешивания.

Второй способ позволяет получать больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,2-0,4% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора «ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД» в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик рекомендуется совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5870-009-58042865-05;

Сертификат соответствия системы ГОСТР;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт-

Заключение ЦНИИС по применению "КРИОПЛАСТ СП 15-2" для конструкций транспортного строительства;

Заключение НИИЖБ о влиянии "КРИОПЛАСТ СП 15-2" на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421 -83.

### ***Характеристика продукта***

***Таблица 40***

<b>Наименование</b>	<b>Комплексная пластифицирующая добавка для бетонов и строительных растворов с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 15-2"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая суперводоредуцирующая противоморозная для «теплых бетонов» до -25°C и для «холодных бетонов» - до -15°C при испытании через 24 часа после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Диапазон дозировок	1,0 - 2,5 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей
Гарантийный срок хранения	12 месяцев с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора комплексной  
пластифицирующей добавки с противоморозным эффектом  
"КРИОПЛАСТ СП 15-2" от концентрации**

**Таблица 41**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, <i>г/см<sup>3</sup></i>	Содержание сухого вещества добавки, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,018	50,9	50,0
8	1,036	82,9	80,0
10	1,048	104,8	100,0
12	1,060	127,2	120,0
15	1,080	162,0	150,0
18	1,100	198,0	180,0
20	1,115	223,0	200,0
23	1,135	261,1	230,0
25	1,150	287,5	250,0
28	1,170	327,6	280,0
30	1,185	355,5	300,0
33	1,205	397,7	330,0
35	1,220	427,0	350,0

**10.3. Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка  
"КРИОПЛАСТ П 25-1"**

**Описание продукта**

Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка для бетонов I и строительных растворов "КРИОПЛАСТ П 25-1" представляет собой смесь поверхностно активных натриевых солей лигниновой и метиленбиссульфо кислоты и противоморозны: компонентов: неорганических солей натрия и калия.

**Область применения**

- производство тяжелого конструкционного бетона при возведении монолитны: бетонных и железобетонных конструкций и замоноличивании стыков этих конструкций;

- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;

- приготовление строительных растворов.

**Эффективность применения**

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус 25°С;

- способствует набору критической прочности бетоном и строительным раствором I возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус 25°С;

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П4, растворной - от Пк1 до Пк: (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении до 20% и более (в равноподвижных смесях);

- не способствует образованию высолов на поверхности конструкции и не вызывает коррозии арматуры бетона.

Эффективность применения добавки "КРИОПЛАСТ П 25-1" при применении тепловой обработки либо термосного выдерживания конструкции:

- предотвращает замерзание бетонной и растворной смесей до начала активной тепловой обработки при возведении бетонных и железобетонных конструкций;

- препятствует замерзанию смеси и прекращению процессов гидратации цемента I случае вынужденных периодов отсутствия тепловой обработки, значительно интенсифицирует набор прочности при последующем воздействии положительных температур;

- эффективна для обеспечения транспортировки бетонной смеси при температуре не ниже минус 25°С. Является противоморозной добавкой для «теплых» и «холодных» бетонов при температуре окружающей среды до минус 25°С в соответствии с ГОСТ 24211 -08;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловой обработки бетона по сравнению с монокомпонентными противоморозными добавками.

### **Особенности применения**

Оптимальная дозировка добавки для производства тяжелых бетонов, строительных растворов назначается в зависимости от прогнозируемой температуры окружающей среды, при которой производится бетонирование, исходной температуры смеси, а также времени от начала транспортировки до подвода внешнего тепла к конструкции.

**Рекомендуемые дозировки представлены в нижеследующей таблице:**

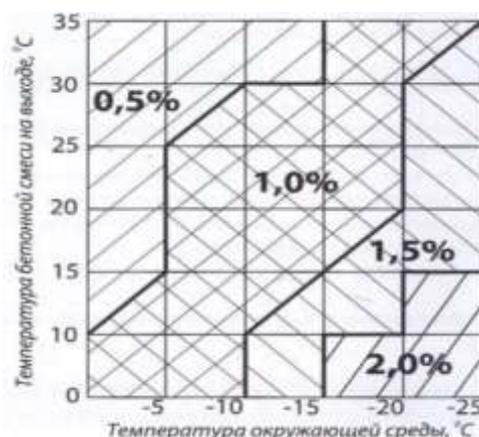
**Таблица 42**

<b>Средняя расчетная температура твердения бетона</b>	<b>Дозировка добавки на сухой продукт, % от массы вяжущего</b>
до -5°C	1,0
до -10°C	1,5-2,0
до -15°C	2,5-3,5
до -20°C	3,5-4,0
до -25°C	5,0-6,0

Диапазон дозировок добавки для производства легких бетонов составляет 0,5-1,5% от массы цемента в пересчете на сухой продукт.

Выбор дозировки при использовании тепловой обработки либо термосного выдерживания рекомендуется осуществлять, исходя из следующей закономерности:

**Рисунок 17. График зависимости дозировки добавки от температур бетонной смеси на выходе с производства и окружающей среды при продолжительности транспортирования не более двух часов.**



**Примечание:** в случае, когда определяемая дозировка находится на границе раздела областей, при назначении количества добавки необходимо учитывать В/Ц смеси: при  $V/C < 0,5$  осуществляется выбор в сторону меньшей дозировки, а при  $V/C > 0,5$  - большей.

Введение суперпластификатора "КРИОПЛАСТ П 25-1" в состав бетонной смеси возможно производить различными способами:

- вместе с расчетным (на замес) количеством воды затворения;
- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10 - 20 %) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Вторым способом позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,5-1,0% от массы цемента в пересчете на сухой продукт при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора «ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД» в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик рекомендуется совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

#### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5870-013-58042865-05;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение ЦНИИС по применению "КРИОПЛАСТ СП 15-2" для конструкций транспортного строительства;

Заключение НИИЖБ о влиянии на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре согласно СТ СЭВ 4421 -83.

### **Характеристика продукта**

**Таблица 43**

Наименование	Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов "КРИОПЛАСТ П 25-1"
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Пластифицирующая, водоредуцирующая, противоморозная для "теплых" и "холодных" бетонов до -25°C при испытании через 28 часов после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде порошка либо жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	1,0 - 6,0 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	для раствора - при температуре не ниже + 10 °С при обеспечении перемешивания; для сухого продукта - избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей
Гарантийный срок хранения	6 месяцев - для жидкого продукта 12 месяцев - для сухого продукта с даты изготовления

### **Зависимость плотности водного раствора "КРИОПЛАСТ П 25 -1 "от концентрации:**

**Таблица 44**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм		Содержание сухого вещества добавки при влаге 5%, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора	в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,023	51,2	50	53,9	52,6
10	1,056	105,6	100	111,2	105,3
15	1,089	163,4	150	172,0	157,9
20	1,122	224,4	200	236,0	210,5
25	1,155	288,8	250	304,0	263,2
30	1,188	356,4	300	375,2	315,8
32	1,205	385,6	320	405,9	336,8
35	1,225	428,8	350	451,4	368,4
38	1,246	473,5	380	498,4	400,0
40	1,260	504,0	400	530,5	421,1

## **10.4. Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка**

### **"КРИОПЛАСТ П 25-1 тип 2"**

#### ***Описание продукта***

Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов "КРИОПЛАСТ П 25-1 тип 2" представляет собой смесь тиосульфата и роданида натрия, полиметиленафталинсульфонатов неорганических натриевых солей противоморозного действия.

#### ***Область применения***

- производство тяжелого конструкционного бетона при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и замоноличивании стыков этих конструкций;

- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;

- приготовления строительных растворов.

#### ***Эффективность применения***

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус 30°C;

- способствует набору критической прочности бетоном и строительным раствором в возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус 30°C;

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении на 20-25% (в равноподвижных смесях);

- обеспечивает повышение морозостойкости и снижение проницаемости;

- не способствует образованию высолов на поверхности конструкции и не вызывает коррозии арматуры бетона.

***Эффективность применения добавки "КРИОПЛАСТ П 25-1 тип 2" при применении тепловой обработки либо термосного выдерживания конструкции***

- предотвращает замерзание бетонной и растворной смесей до начала активной тепловой обработки при возведении бетонных и железобетонных конструкций;

- препятствует замерзанию смеси и прекращению процессов гидратации цемента в случае вынужденных периодов отсутствия тепловой обработки, значительно интенсифицирует набор прочности при последующем воздействии положительных температур;

- эффективна для обеспечения транспортировки бетонной смеси при температуре не ниже минус 30°С. Является противоморозной добавкой для «теплых» и «холодных» бетонов при температуре окружающей среды до минус 30°С в соответствии с ГОСТ 24211 -08;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловой обработки бетона по сравнению с монокомпонентными противоморозными добавками.

***Особенности применения***

Оптимальная дозировка добавки для производства тяжелых бетонов и строительных растворов назначается в зависимости от прогнозируемой температуры окружающей среды, при которой производится бетонирование, исходной температуры смеси, а также времени от начала транспортировки до подвода внешнего тепла к конструкции.

Значение дозировки добавки «КРИОПЛАСТ П25-1 тип 2» с применением тепловой обработки либо термосного выдерживания в бетоны допускается принимать меньшей, при условии обеспечения требуемых реологических и механических показателей на основании заключения строительной лаборатории предприятия.

Повышение дозировки целесообразно допускать при высоких значениях В/Ц смесей, связанных с повышенным содержанием мелкой фракции до 0,315 мм в заполнителе.

**Рекомендуемые дозировки представлены в нижеследующей таблице:**

**Таблица 45**

<i>Средняя расчетная температура твердения бетона</i>	<i>Дозировка добавки по товарному раствору, % от массы вяжущего</i>
до -5°С	3,0
до -10°С	4,0
до -15°С	5,0
до -20°С	6,0
до -25°С	7,0
до -30°С	8,0

Диапазон дозировок добавки для производства легких бетонов составляет 3,0 - 5,0% товарного продукта от массы цемента.

Введение суперпластификатора "КРИОПЛАСТ П 25-1 тип 2" в состав бетонной смеси возможно производить различными способами:

- вместе с расчетным (на замес) количеством воды затворения;
- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20 %) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Второй способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций суперпластификатора по 0,5 - 1,0 % от массы цемента по товарному раствору, при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора «ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД» в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

Добавку «КРИОПЛАСТ П25-1 тип 2» можно вводить в бетонную смесь с любой удобной плотностью, при этом необходимо учитывать количество

воды разбавления в растворе добавки при расчете водоцементного отношения бетона и строительного раствора.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик рекомендуется совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

***Нормативно-техническая документация***

Технические условия -ТУ 5870-013-58042865-05 «Приложение №1»;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт-

Заключение НИИЖБ об отсутствии коррозионного влияния добавки на арматуру бетона и склонности к коррозионному растрескиванию арматурных стержней согласно СТ СЭВ 4421-83;

Заключение ЦНИИС по применению "КРИОПЛАСТ П 25-1" тип 2 для конструкций транспортного строительства.

***Характеристика продукта***

***Таблица 46***

<b>Наименование</b>	<b>Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов "КРИОПЛАСТ П 25 -1 тип 2"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, противоморозная для "теплых" и "холодных" бетонов до -30°С при испытании через 28 часов после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Диапазон дозировок	1,0 - 8,0 % товарного раствора
Транспортировка Хранение	избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей; предусмотреть перемешивание; при необходимости отогреть перед применением
Гарантийный срок хранения	12 месяцев с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора "КРИОПЛАСТ П 25-1  
тип 2" от концентрации:**

**Таблица 47**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора при 20°C г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора
5	1,023	51,2	50
10	1,058	105,8	100
12	1,072	128,6	120
14	1,086	152,0	140
15	1,093	164,0	150
18	1,114	200,5	180
20	1,128	225,0	200
23	1,149	264,3	230
25	1,163	290,8	250
28	1,184	331,5	280
30	1,198	359,4	300
33	1,219	402,3	330
34	1,226	416,8	340
35	1,233	431,6	350

**10.5. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным  
эффектом "КРИОПЛАСТ СП 25- 2"**

***Описание продукта***

Комплексная пластифицирующая добавка для бетонов и строительных растворов с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ СП 25-2" представляет собой смесь поверхностно-активных натриевых солей метиленбиссульфокислоты и противоморозного компонента на основе органических многоатомных спиртов.

***Область применения***

- производство тяжелого конструкционного бетона при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и замоноличивании стыков этих конструкций
- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;
- приготовление строительных растворов.

### ***Эффективность применения***

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус 25°С;

- способствует набору критической прочности бетоном и строительным раствором в возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус 25°С;

- увеличивает подвижность бетонной смеси от П1 до П5, растворной - от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении на 20-25% (в равноподвижных смесях);

- обеспечивает повышение морозостойкости и снижение проницаемости;

- не способствует образованию высолов на поверхности конструкции и не вызывает коррозии арматуры бетона.

### ***Эффективность применения добавки "КРИОПЛАСТ СП 25-2" при применении тепловой обработки либо термосного выдерживания конструкции***

- предотвращает замерзание бетонной и растворной смесей до начала активной тепловой обработки при возведении бетонных и железобетонных конструкций;

- препятствует замерзанию смеси и прекращению процессов гидратации цемента в случае вынужденных периодов отсутствия тепловой обработки, значительно интенсифицирует набор прочности при последующем воздействии положительных температур;

- эффективна для обеспечения транспортировки бетонной смеси при температуре не ниже минус 25°С. Является противоморозной добавкой для «теплых» и «холодных» бетонов при температуре окружающей среды до минус 25°С в соответствии с ГОСТ 24211 -08;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловой обработки бетона по сравнению с монокомпонентными противоморозными добавками.

### **Особенности применения**

Оптимальная дозировка добавки для производства тяжелых бетонов и строительных растворов назначается в зависимости от прогнозируемой температуры окружающей среды, при которой производится бетонирование, исходной температуры смеси, а также времени от начала транспортировки до подвода внешнего тепла к конструкции.

**Рекомендуемые дозировки представлены в нижеследующей таблице:**

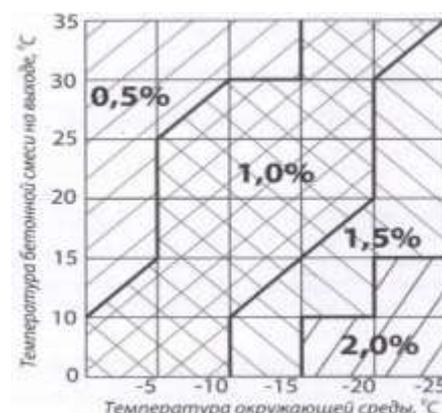
**Таблица 48**

<i>Средняя расчетная температура твердения бетона</i>	<i>Дозировка добавки по товарному раствору, % от массы цемента</i>
до -5°C	1,0-2,0
до -10°C	2,0-3,0
до -15°C	3,0-4,0
до -20°C	4,0-5,0
до -25°C	5,0-6,0

Диапазон дозировок добавки для производства легких бетонов составляет 0,5 -1,5 % товарного продукта от массы цемента.

Выбор дозировки при использовании тепловой обработки либо термосного выдерживания рекомендуется осуществлять, исходя из следующей закономерности:

**Рисунок 17. График зависимости дозировки добавки от температур бетонной смеси на выходе с производства и окружающей среды при продолжительности транспортирования не более двух часов.**



**Примечание:** в случае, когда определяемая дозировка находится на границе раздела областей, при назначении количества добавки необходимо

*учитывать В/Ц смеси: при  $V/C < 0,5$  осуществляется выбор в сторону меньшей дозировки, а при  $V/C > 0,5$  - большей.*

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;

- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 часа рекомендуется:

1. Дробное введение добавки, предполагающее не более двух дополнительных введений порций добавки по 0,5 - 1,0 % товарного продукта от массы цемента при обеспечении строгого контроля суммарного количества вводимой добавки;

2. Дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатора «ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД» в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик рекомендуется совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

#### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5745-029-58042865-2008;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

Заключение ЦНИИС по применению "КРИОПЛАСТ СП 25-2" для конструкций транспортного строительства.

## Характеристика продукта

Таблица 49

Наименование	Комплексная пластифицирующая и противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов "КРИОПЛАСТ СП 25-2"
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	Суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, противоморозная для "теплых" и "холодных" бетонов до -25°C при испытании через 28 часов после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	1,0 - 6,0 % товарного раствора
Транспортировка Хранение	избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей; предусмотреть перемешивание; при необходимости отогреть перед применением
Гарантийный срок хранения	12 месяцев с даты изготовления

### Зависимость плотности водного раствора "КРИОПЛАСТ СП 25-2" от температуры

Таблица 50

Температура добавки, °C	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>
+22°C	1,168
+20°C	1,169
+15°C	1,172
+10°C	1,173
+5°C	1,174
0°C	1,179
-5°C	1,181
-10°C	1,183
-15°C	1,185
-20°C	1,186
-25°C	1,187

### 10.6. Противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов «NORD»

#### Описание продукта

Противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов представляет собой смесь поверхностно-активных натриевых солей метиленбисульфокислоты, и противоморозного компонента на основе органических многоатомных спиртов и солей неорганических кислот.

### ***Область применения***

- производство тяжелого конструкционного бетона при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций и замоноличивании стыков этих конструкций;

- производство легких бетонов, в том числе ячеистых;

- приготовление строительных растворов.

### ***Эффективность применения***

- добавка совместима со всеми пластифицирующими добавками производства компании «ПОЛИПЛАСТ»;

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус 25°C;

- способствует набору критической прочности бетоном и строительным раствором в возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус 25°C;

- не способствует образованию высолов на поверхности конструкции и не вызывает коррозии арматуры бетона.

### ***Эффективность применения добавки «NORD» при применении тепловой обработки либо термосного выдерживания конструкции***

- предотвращает замерзание бетонной и растворной смесей до начала активной тепловой обработки при возведении бетонных и железобетонных конструкций;

- препятствует замерзанию смеси и прекращению процессов гидратации цемента в случае вынужденных периодов отсутствия тепловой обработки, значительно интенсифицирует набор прочности при последующем воздействии положительных температур;

- эффективна для обеспечения транспортировки бетонной смеси при температуре не ниже минус 25°C. Является противоморозной добавкой для «теплых» и «холодных» бетонов при температуре окружающей среды до минус 25°C в соответствии с ГОСТ 24211 -08;

- обеспечивает возможность сокращения режима тепловой обработки бетона по сравнению с монокомпонентными противоморозными добавками.

### ***Особенности применения***

Оптимальная дозировка добавки для производства тяжелых бетонов и строительных растворов назначается в зависимости от прогнозируемой температуры окружающей среды, при которой производится бетонирование, исходной температуры смеси, а также времени от начала транспортировки до подвода внешнего тепла к конструкции. Значение дозировки добавки «NORD» с применением тепловой обработки либо термосного выдерживания в бетоны допускается принимать меньшей, при условии обеспечения требуемых реологических и механических показателей на основании заключения строительной лаборатории предприятия

***Повышение дозировки целесообразно допускать при высоких значениях В/Ц смесей, связанных с повышенным содержанием мелкой фракции до 0,315 мм в заполнителе*** Рекомендуемые дозировки представлены в  
**нижеследующей**

**таблице 51**

<b>Средняя расчетная температура твердения бетона</b>	<b>Дозировка добавки по товарному раствору, % от массы вяжущего</b>
до -5°С	0,7-1,0
до -10°С	1,4-1,7
до-15°С	2,1-2,4
до -20°С	2,8-3,1
до -25°С	3,5 - 3,8

Диапазон дозировок добавки для производства легких бетонов составляет 1,0-3,0% товарного продукта от массы цемента.

Выбор дозировки при использовании тепловой обработки либо термосного выдерживания рекомендуется осуществлять, исходя из следующей закономерности:

Введение суперпластификатора в состав бетонной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;
- в предварительно перемешанную бетонную смесь с частью (10-20%) вод затворения незадолго до окончания перемешивания.

Для увеличения времени сохраняемости подвижности бетонной смеси при длительной транспортировке либо при использовании портландцемента, склонного к быстрому схватыванию при совместном использовании с добавкой, на 2-4 час рекомендуется дополнительное введение в состав бетонной смеси модификатор "ПОЛИПЛАСТ РЕТАРД" в соответствии с рекомендациями по применению на продукт.

Добавку «NORD» можно вводить в бетонную смесь с любой удобной плотностью при этом необходимо учитывать количество воды разбавления в растворе добавки при расчете водоцементного отношения бетона и строительного раствора. При производстве строительных растворов для улучшения реологических характеристик рекомендуется совместное применение с добавкой «ПОЛИПЛАСТ Р тип 2» в соответствии с рекомендациями по применению продукта.

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия -ТУ 5745-001 -74933322-2010

### ***Характеристика продукта***

***Таблица 52***

<b>Наименование</b>	<b>Противоморозная добавка для бетонов и строительных растворов "N080"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	противоморозная для "теплых" и "холодных" бетонов до -25°С при испытании через 28 часов после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Диапазон дозировок	0,7 - 3,8 % товарного раствора
Транспортировка Хранение	избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей; предусмотреть перемешивание; при необходимости отогреть перед применением
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

## Глава XI. ДОБАВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

### 11.1. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ Р"

#### *Описание продукта*

Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ Р" представляет собой смесь сополимеров на основе нафталинсульфокислоты и производных метакриловой кислоты.

#### *Область применения*

- производство строительных растворов, применяемых при возведении конструкций зданий из каменных мелкоштучных изделий, монтаже крупноблочных и крупнопанельных зданий и сооружений;

- производство штукатурных растворов;

- для крепления облицовочных плиток;

- для специальных (инъекционных) растворов, перекачиваемых по трубопроводам.

#### *Эффективность применения*

- увеличивает подвижность растворной смеси от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении на 20-25% (в равноподвижных смесях);

- повышает конечные прочностные характеристики строительного раствора на 15- 20% (в равноподвижных смесях);

- снижает расслаиваемость и водоотделение строительного раствора, тем самым обеспечивая длительную сохраняемость подвижности во времени;

- способствует получению растворов с повышенной морозостойкостью, трещиностойкостью и водонепроницаемостью;

- повышает адгезионную способность строительного раствора к поверхности нанесения;

- увеличивает содержание воздуха в смеси;

- не способствует образованию высолов на поверхности затвердевшего раствора.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет 0,3-0,6% от массы вяжущего в пересчете на сухой продукт.

Дозировку добавки рекомендуется уточнять в зависимости от марки раствора, технологии производства и характера заполнителей.

Введение суперпластификатора в состав растворной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;
- в предварительно перемешанную растворную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания. Данный способ позволяет получить больший пластифицирующий эффект.

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия-ТУ 5745-029-58042865-2008;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт;

## ***Характеристика продукта***

***Таблица 53***

<b>Наименование</b>	<b>Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ Р"</b>
Классификация в соответствии	суперпластифицирующая с ГОСТ 24211-08 суперводоредуцирующая, увеличивающая воздухосодержание
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Диапазон дозировок	0,3 - 0,6 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей; предусмотреть перемешивание;
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

**Зависимость плотности водного раствора "ПОЛИПЛАСТ Р" от  
концентрации:**

**Таблица 54**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание сухого вещества добавки, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора
2	1,019	20,4	20,0
5	1,036	51,8	50,0
10	1,064	106,4	100,0
12	1,075	129,0	120,0
15	1,092	163,8	150,0
20	1,120	224,0	200,0
23	1,138	261,7	230,0
25	1,150	287,5	250,0
28	1,168	327,0	280,0
30	1,180	354,0	300,0
32	1,192	381,4	320,0
33	1,198	395,3	330,0
35	1,210	423,5	350,0
37	1,222	452,1	370,0
40	1,240	496,0	400,0

Заключение НИИЖБ о влиянии "ПОЛИПЛАСТ Р" на защитные свойства бетон, отношению к стальной арматуре согласно СТСЭВ 4421 -83;

Заключение ЦНИИС по применению "ПОЛИПЛАСТ Р" для конструктивного транспортного строительства.

## **11.2. Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ Р тип 2"**

### ***Описание продукта***

Суперпластификатор "ПОЛИПЛАСТ Р тип 2" представляет собой смесь натриевых солей алкилсульфатов и полиметиленафталинсульфонатов.

### ***Область применения***

- производство строительных растворов, применяемых при возведении конструкций зданий из каменных мелкоштучных изделий, монтаже крупноблочных и крупнопанельных зданий и сооружений;

- производство штукатурных растворов;

- для крепления облицовочных плиток;
- для специальных (инъекционных) и растворов, перекачиваемых по трубопроводам.

### ***Эффективность применения***

- увеличивает подвижность растворной смеси от Пк1 до Пк4 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении на 20-25% (в равноподвижных смесях);

- повышает конечные прочностные характеристики строительного раствора на 15- 20% (в равноподвижных смесях);

- совместима со всеми пластифицирующими добавками производства компании "ПОЛИПЛАСТ", в частности с противоморозными добавками для улучшения реологических характеристик раствора;

- снижает расслаиваемость и водоотделение строительного раствора, тем самым, обеспечивая длительную сохраняемость подвижности во времени;

- улучшает противоморозные свойства растворной смеси за счет сохранения теплоты в объеме вовлеченного воздуха;

- способствует получению растворов с повышенной морозостойкостью, трещиностойкостью и водонепроницаемостью;

- повышает адгезионную способность строительного раствора к поверхности нанесения;

- увеличивает содержание воздуха в смеси;

- снижает усадку растворной смеси при твердении;

- не способствует образованию высолов на поверхности затвердевшего раствора.

### ***Особенности применения***

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки в строительных растворах составляет от 0,15% до 0,40% (для растворов с тяжелыми заполнителями дозировка 0,4-0,6%) по натуральному раствору от массы вяжущего.

Дозировку добавки в производстве строительного раствора рекомендуется назначать в зависимости от марки раствора, крупности инертного заполнителя, технологии производства и интенсивности перемешивания смеси.

Введение добавки в состав растворной смеси допускается производить различными методами:

- с первыми порциями воды затворения;
- в предварительно перемешанную растворную смесь с частью (10-20%)

воды затворения незадолго до окончания перемешивания.

### ***Нормативно-техническая документация***

Технические условия - ТУ 5745-035-58042865-2009;

Сертификат соответствия системы ГОСТ Р;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт.

### ***Характеристика продукта***

***Таблица 55***

<b>Наименование</b>	<b>Комплексная добавка для строительных растворе "ПОЛИПЛАСТ Р тип 2"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	суперпластифицирующая, суперводоредуцирующая, увеличивающая воздухосодержание
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Диапазон дозировок	0,15 - 0,40 % товарного раствора
Транспортировка Хранение	избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей; предусмотреть перемешивание
Гарантийный срок хранения	1 год с даты изготовления

## **11.3. Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ 20Р"**

### **Описание продукта**

Комплексная пластифицирующая добавка для строительных растворов с противоморозным эффектом "КРИОПЛАСТ 20Р" представляет собой смесь

натриевых солей алкилсульфатов, полиметиленафталинсульфоната и противоморозных компонентов на основе неорганических солей натрия.

### **Область применения**

- производство строительных растворов, применяемых при возведении конструкций зданий из каменных мелкоштучных изделий, монтаже крупноблочных и крупнопанельных зданий и сооружений, штукатурных растворов;

- для крепления облицовочных плиток;

- для специальных (инъекционных) и растворов, перекачиваемых по трубопроводам в зимний период времени при температуре окружающего воздуха не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### **Эффективность применения**

- обеспечивает протекание процессов гидратации цемента при температуре твердения бетона не ниже минус  $20^{\circ}\text{C}$ ;

- способствует набору критической прочности бетоном и строительным раствором в возрасте 28 суток при расчетной температуре твердения не ниже минус  $20^{\circ}\text{C}$ ;

- увеличивает подвижность растворной смеси от Пк1 до Пк2 (без снижения прочности во все сроки твердения);

- снижает водопотребность при затворении до 10-15% (в равноподвижных смесях);

- повышает конечные прочностные характеристики строительного раствора на 10% и более (в равноподвижных смесях);

- снижает расслаиваемость и водоотделение строительного раствора, тем самым, обеспечивая длительную сохраняемость подвижности во времени;

- способствует получению растворов с повышенной морозостойкостью, трещиностойкостью и водонепроницаемостью;

-повышает адгезионную способность строительного раствора к поверхности нанесения;

-снижает усадку растворной смеси при твердении;

-не способствует образованию высолов на поверхности затвердевшего раствора.

### ***Особенности применения***

Дозировку добавки в производстве строительного раствора рекомендуется назначать в зависимости от марки раствора, крупности инертного заполнителя, технологии производства и интенсивности перемешивания смеси.

Введение добавки в состав растворной смеси допускается производить различными методами:

-с первыми порциями воды затворения;

в предварительно перемешанную растворную смесь с частью (10-20%) воды затворения незадолго до окончания перемешивания.

***Рекомендуемый диапазон дозировок "КРИОПЛАСТ 20Р" представлен  
нижеследующей таблице:***

***Таблица 56***

<b><i>Средняя расчетная температура твердения бетона</i></b>	<b><i>Дозировка добавки по сухому веществу, % от массы цемента</i></b>
<i>до -10°C</i>	<i>1,0-2,0</i>
<i>-10°C до -15°C</i>	<i>2,0 - 3,0</i>
<i>-15°C до -20°C</i>	<i>3,0 - 4,0</i>

### **Нормативно-техническая документация**

Технические условия-ТУ 5745-045-58042865-2009;

Сертификат соответствия системы ГОСТР;

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукт.

## Характеристика продукта

**Таблица 57**

<b>Наименование</b>	<b>Комплексная пластифицирующая добавка с противоморозным эффектом для строительных растворов "КРИОПЛАСТ 20Р"</b>
Классификация в соответствии с ГОСТ 24211-08	пластифицирующая водоредуцирующая противоморозная до -20°С при испытании через 2 часов после извлечения из морозильной камеры
Форма выпуска	в виде жидкости коричневого цвета
Содержание ионов хлора, % не более	0,1
Диапазон дозировок	3,0 - 4,0 % в пересчете на сухой продукт
Транспортировка Хранение	избегать попадания атмосферных осадков и посторонних примесей; предусмотреть перемешивание
Гарантийный срок хранения	6 месяцев с даты изготовления

## Зависимость плотности водного раствора "КРИОПЛАСТ 20Р" от концентрации

**Таблица 58**

Массовая доля сухого вещества %	Плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Содержание абсолютно сухого вещества добавки, грамм	
		в 1 л раствора	в 1 кг раствора
10	1,045	104,5	100
12	1,059	127,1	120
14	1,073	150,2	140
15	1,080	162,0	150
18	1,101	198,2	180
20	1,115	223,0	200
23	1,136	261,3	230
25	1,150	287,5	250
28	1,171	327,9	280
30	1,185	355,5	300
33	1,206	398,0	330
35	1,220	427,0	350

## **Глава XII. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

### **12.1. Требования к материалам**

1.1. Для приготовления бетонов с добавками рекомендуется применить портландцемент и шлакопортландцемент и их разновидности отвечающие требованиям ГОСТ 10178. Возможно применение добавки с сульфатостойкими и пуццолановыми цементами по ГОСТ 22266 и другими специальными цементами по действующим техническим условиям.

Не следует использовать пластифицированные цементы (по причине наложения двойного пластифицирующего эффекта).

1.2. При применении горячих цемента (с температурой выше 40<sup>0</sup>С) существует возможность быстрой потери подвижности бетонной (растворной) смеси по причине повышенной водопотребности.

1.3. В качестве крупных заполнителей для тяжелого бетона следует применять материалы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 26633, а также ГОСТ 10268, ГОСТ 8267.

1.4. Для легких бетонов в качестве крупных заполнителей следует применять материалы по ГОСТ 9757 и ГОСТ 25820.

1.5. В качестве мелких заполнителей для тяжелых бетонов рекомендуется применять пески по ГОСТ 8736.

1.6. Вода, применяемая для изготовления изделий из бетонов с добавкой и для ухода за ними, должна соответствовать ГОСТ 23732.

### **12.2. Приготовление водного раствора добавки**

2.1. Добавка вводится в бетонную смесь в виде водного раствора рабочей концентрации. Поставка добавки в жидком виде производится с концентрацией раствора не менее 32%.

2.2. В производственных условиях приготавливают водный раствор рабочей концентрации из сухой или жидкой формы поставляемой добавки. Рабочая концентрация выбирается потребителем исходя из требований технологии, условий применения и удобства в использовании.

2.3. Готовить раствор добавки желательно при положительной температуре окружающей среды в тщательно очищенных и промытых емкостях, защищенных от попадания осадков. Растворение следует производить при перемешивании до получения однородного продукта.

Растворения происходит быстрее, если температура воды составляет от 30<sup>0</sup>С до 90<sup>0</sup>С. Плотность приготовленного раствора необходимо определять при температуре 20-22<sup>0</sup>С.

#### **Пример расчета количества добавки вводимой в бетонную смесь**

Предположим, что количество вводимой добавки в бетонную смесь составляет 0.5%. Расход добавки на 100кг цемента: 100кг-100% Xкг-0.5%

$$X = \frac{100 \times 0.5\%}{100\%} = 0.5 \text{ кг абсолютно сухого суперпластификатора}$$

Добавка вводится в виде раствора рабочей концентрации (в данном примере- 35%). Следовательно: 0,5кг-35% X кг-100%

$$X = \frac{0.5 \times 100\%}{35\%} = 1,429 \text{ кг раствора рабочей концентрации из расчета на 100 кг цемента}$$

Если дозирование рабочего раствора добавки осуществляется в литрах, а не в килограммах, то:

$$V = \frac{m}{d},$$

где: ***m***- масса рабочего раствора добавки в кг;

***d*** – плотность 35% раствора добавки рабочей концентрации г/см<sup>3</sup>

(определяется исходя из графической зависимости, например, для “ПОЛИПЛАСТ СП-1”-1,185 г/см<sup>3</sup>)

$$V = \frac{1,429}{1,185} = 1,206 \text{ л добавки из расчета на 100 кг цемента}$$

Если на 1м<sup>3</sup> расходуется, например, 360 кг цемента, то при дозировке 0,5% добавки получаем рабочий раствор суперпластификатора:

$$1,206 \times 3,6 = 4,342 \text{ л (на 360 кг цемента)}$$

Если дозирование происходит в килограммах, то:

$$1,429 \times 3,6 = 5,144 \text{ л (на 360 кг цемента)}$$

2.4. Технологическая и экономическая эффективность применения суперпластификаторов в бетонных смесях при производстве сборных железобетонных конструкций представлена в нижеследующей таблице 1.

2.5. Пластифицирующий эффект от применения добавки в напрягающих бетонах используется для облегчения укладки, и исключения процесса ложного схватывания.

При этом имеет место повышение прочности на 10-20%, повышение на 1-2 марки по морозостойкости бетона, а также водо-и газонепроницаемости.

2.6. При приготовлении конструкционных легких бетонов рекомендуется применять суперпластификаторы и добавки, регулирующие кинетику твердения, для повышения подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси, повышения прочности бетона, снижения расхода цемента.

## Технологическая и экономическая эффективность применения суперпластификаторов

**Таблица 59**

№	Наименование показателей	Изменение показателей по сравнению с составом без добавки	
		При В/Ц=const	ОК= const
1	Сокращение времени и интенсивности вибрации (либо сокращение числа вибраторов, в отдельных случаях отказ от вибрации)	в 3-5раз	в 1,3-1,5 раза
2	Сокращения продолжительности формования изделий, конструкций	в 2,5-3раз	в 1,2-1,3 раза
3	Экономия электроэнергии при приготовлении, транспортировании и укладке бетонной смеси	в 2,5-3,5раз	в 1,1-1,3 раза
4	Снижение трудозатрат при изготовлении изделий	в 2-3раз	в 1,2-1,4 раза
5	Увеличение срока службы вибраторов, форм, сокращение затрат, на их ремонт	в 1,5-2раз	в 1,1-1,3 раза
6	Сокращение режима ТВО	----	на 2-4 часа
7	Снижение температуры изотермического прогрева	на 10-15 <sup>0</sup> С	на 15-20 <sup>0</sup> С
8	Экономия пара	15-20%	15-20%
9	Увеличение производительности труда (выпуска продукции)	на 10-20%	на 20-30%

2.7. В таблице-60 приведены ориентировочные величины снижения расхода цемента в бетонах различных классов при использовании добавок-суперпластификаторов в равноподвижных смесях.

**Таблица 60**

Марка бетона	ОК, см	Снижение расхода цемента, % при введении суперпластификатора в количестве, %		
		0,4	0,8	1,2
М200	2-4	6-8	10-12	12-15
	4-5	4-6	7-9	10-12
	12-14	3-4	5-7	7-9
	22-24	2-3	3-5	5-7
М300	2-4	12-15	18-20	20-22
	4-5	5-7	10-12	12-15
	12-14	4-6	8-10	10-12
	22-24	3-5	4-6	6-8
М400	2-4	12-15	18-20	20-25
	4-5	10-12	12-14	15-18
	12-14	8-10	10-12	12-15
	22-24	6-8	8-10	10-12
М500	2-4	15-18	20-22	22-25
	4-5	12-15	18-20	20-22
	12-14	10-12	16-18	18-20
М600	2-4	14-16	20-22	22-25
	4-5	12-14	18-20	20-22

*\*-данные значения в таблице перед применением должны уточняться в строительной лаборатории для конкретных условий и материалов.*

### **12.3. Проектирование и подбор состава бетона с добавкой**

3.1. Подбор состава бетона с пластифицирующими добавками заключается в корректировке рабочего состава бетона без добавки с учетом целей применения добавки.

3.2. Опытные замесы бетона с добавкой должны приготавливаться на тех же заполнителях и цементе, которые были приняты при подборе состава бетона.

3.3. Подбор состава бетона следует производить в соответствии с ГОСТ 27006 любым общепринятым методом, удовлетворяющим требованиям проекта по прочности подвижности или жесткости смеси, объемам вовлеченного воздуха или другим показателям, с последующей его корректировкой и назначением оптимального количества добавки.

3.4. Подбор состава бетона с добавкой следует проводить в лабораторных условиях на сухих заполнителях, при этом следует учитывать воду, входящую в состав добавки.

3.5. Все подобранные в лаборатории составы бетонов и режимы тепловой обработки изделий и конструкций следует откорректировать в производственных условиях.

3.6. При применении добавки для пластификации тяжелой бетонной смеси корректировка её состава заключается в выборе оптимальной дозировки добавки и установлении доли песка в смеси заполнителей.

3.7. При применении добавки для повышения прочности или плотности тяжелого бетона корректировка состава бетонной смеси заключается в выборе оптимальной дозировки добавки и снижении водоцементного отношения.

3.8. При применении добавки для улучшения технологии и качества легкого бетона на действующем производстве за основу принимает

производственный состав и осуществляет его корректировку в зависимости от целей введения добавки с учетом следующих положений:

а) при ограниченной степени пластификации расходы воды и цемента в составе бетона с добавкой пластификатора уменьшают:

- при переходе от подвижности бетонной смеси П1 (без добавки) к П2 (с добавкой) на 10%;

- при переходе от подвижности бетонной смеси П1 (без добавки) к П2 (с добавкой) на 5%;

б) при корректировке составов высокоподвижных смесей должны приниматься меры, исключающие расслоение легкобетонной смеси при формировании:

- для крупного легкого заполнителя следует отдавать предпочтение фракции 5-10 мм с плотностью зерна, близкой к плотности бетона; наличие пористого песка является обязательным;

в) при введении добавки в целях повышения прочности легкого конструкционного бетона корректируют состав бетона с уменьшенным на 20% расходом воды;

г) при применении добавки для изготовления изделий из конструкционно теплоизоляционных легких бетонов подвижности легкобетонной смеси не должна превышать П1. Уменьшение водоцементного отношения, вызывающие повышение плотности бетона, должно компенсироваться введением воздухововлекающей и парообразующей добавки. Расход остальных компонентов, плотность и прочность при этом не изменяются.

### **12.3. Контроль качества бетонных смесей и изделий из бетона с суперпластификатором**

4.1. При осуществлении входного контроля качества каждой партии добавки следует:

- визуально оценить внешний вид добавки;

- сравнить результаты приемно-сдаточного контроля данной партии добавки, приведенные в документе о качестве, с требованиями технических условий;

-экспериментально проверить плотность рабочего раствора добавки.

4.2. При применении добавки в технологии бетонов пооперационной контроль за производством следует осуществлять на следующих этапов работ:

-при приготовлении бетонной смеси (для приготовления бетонной смеси с добавкой допускается применение всех видов бетоносмесителей при условии обеспечения равномерности перемешивания в соответствии с ГОСТ 7473);

следует контролировать длительность перемешивания бетонной смеси, температуру, подвижность, при необходимости воздухоудерживание);

-при транспортировании бетонной смеси (транспортирование высокоподвижных и литых бетонных смесей с ОК более 15 см к постам формирования должно осуществляться устройствами, конструкция которых не допускает утечки «цементного молока» и исключает расслаивание смеси, количество перегрузок должно быть минимальным);

-при укладке бетонных смесей (следует контролировать параметры виброуплотнения: продолжительность, частоту и амплитуду колебаний);

-при твердении бетонов (следует контролировать выбранный температурно-влажностный режим, а в затвердевшем бетоне-его прочность в контрольных образцах-кубах и, при необходимости, в изделиях, и другие требуемые показатели качества);

-морозостойкость, водонепроницаемость и т.д., а также качество поверхности

4.3. Испытание бетонной смеси следует проводить по ГОСТ 10181 через 15 минут после отбора пробы согласно требованию ГОСТ 27006;

4.4. При укладке бетонных смесей в зимний период следует соблюдать общие рекомендации по зимнему бетонированию Научно-исследовательского Института Бетона и Железобетона ГОССТРОЯ НИИЖБ:

-перед укладкой бетонной смеси необходимо удалить снег и наледь с ранее уложенного бетона, опалубки и арматуры (механически, сжатым воздухом, газовыми горелками), подготовленную к бетонированию конструкцию до укладки бетона необходимо укрыть от атмосферных осадков;

-укладку бетонной смеси следует вести непрерывно, в случае возникновения перерывов в бетонировании поверхность бетона необходимо укрывать и утеплять, а при необходимости -обогревать;

-укладка бетонной смеси при снегопадах без устройства специальных укрытий не допускается.

4.5. Выдерживание монолитных бетонных и железобетонных конструкций, возводимых из бетонов с добавкой, необходимо производить с соблюдением следующих условий:

-поверхности бетона, не защищенные опалубкой, во избежание потери влаги или повышенного увлажнения за счет атмосферных осадков следует по окончании бетонирования немедленно укрывать слоем гидроизоляционного материала (полиэтиленовой пленкой, прорезиненной тканью, рубероидом и т.д.);

-поверхности бетона, не предназначенные в дальнейшем для монолитной связи с ранее уложенным бетоном или строительным раствором, могут покрываться пленкообразующими составами или защитными пленками.

**Классификация бетонных смесей в зависимости от  
удобоукладываемости**

**Таблица 61**

Марка по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости по показателю		
	Жесткости, С	Подвижности, см	
		Осадка конуса	Распływ конуса
<b>Сверхжесткие смеси</b>			
СЖ3	Более 100	-	-
СЖ2	51-100	-	-
СЖ1	50-менее	-	-
<b>Жесткие смеси</b>			
Ж4	31-60	-	-
Ж3	21-30	-	-
Ж2	11-20	-	-
Ж1	5-10	-	-
<b>Подвижные смеси</b>			
П1	4 и менее	1-4	-
П2	-	5-9	-
П3	-	10-15	-
П4	-	16-20	26-30
П5	-	21 и более	31 и более

**Классификация растворных смесей в зависимости от  
подвижности**

**Таблица 62**

Марка по подвижности	Норма подвижности по погружению конуса, см
ПК1	1-4
ПК2	5-8
ПК3	9-12
ПК4	13-14

В таблице 61-62 приведены классификация бетонных и растворных смесей в зависимости от удобоукладываемости и подвижности.

## Использованная литература

1. Наука о цементе В.С.Ромачандран., Р.Ф. Фельдман.
2. Добавки – ускорители (Оттава, Канада) 1984, В.С.Ромачандран (Оттава, Канада) 1986.
3. Ребиндер П.А., Сегалова Е.Е. Структурообразование при твердении вяжущих веществ. Лондон – 1967.
4. Суперпластификаторы. В.С.Ромачандран., В.М.Мальхотра (Оттава, Канада) 1981
5. В.Л.Долг (Вест – Лафайетт, Индиана США).
6. П.К.Мехта (Беркли, Калифорния США).
7. И.Охама (Корилма, Япония).
8. Полипласт идея, качество, материал. Добавки для бетонов и строительных растворов.
9. Рекомендации по применению. Выпуск 2, 2010.
10. W.W.W. Beton. ru.
11. W.W.W. Beton tech. ru.
12. W.W.W. Litobzor. ru.
13. W.W.W. Dobavki. ru.
14. W.W.W. Biblioteka. ru.
15. W.W.W. Bast. ru.
16. W.W.W. Poliplast. ru.